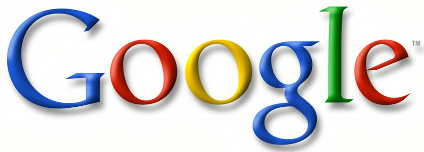
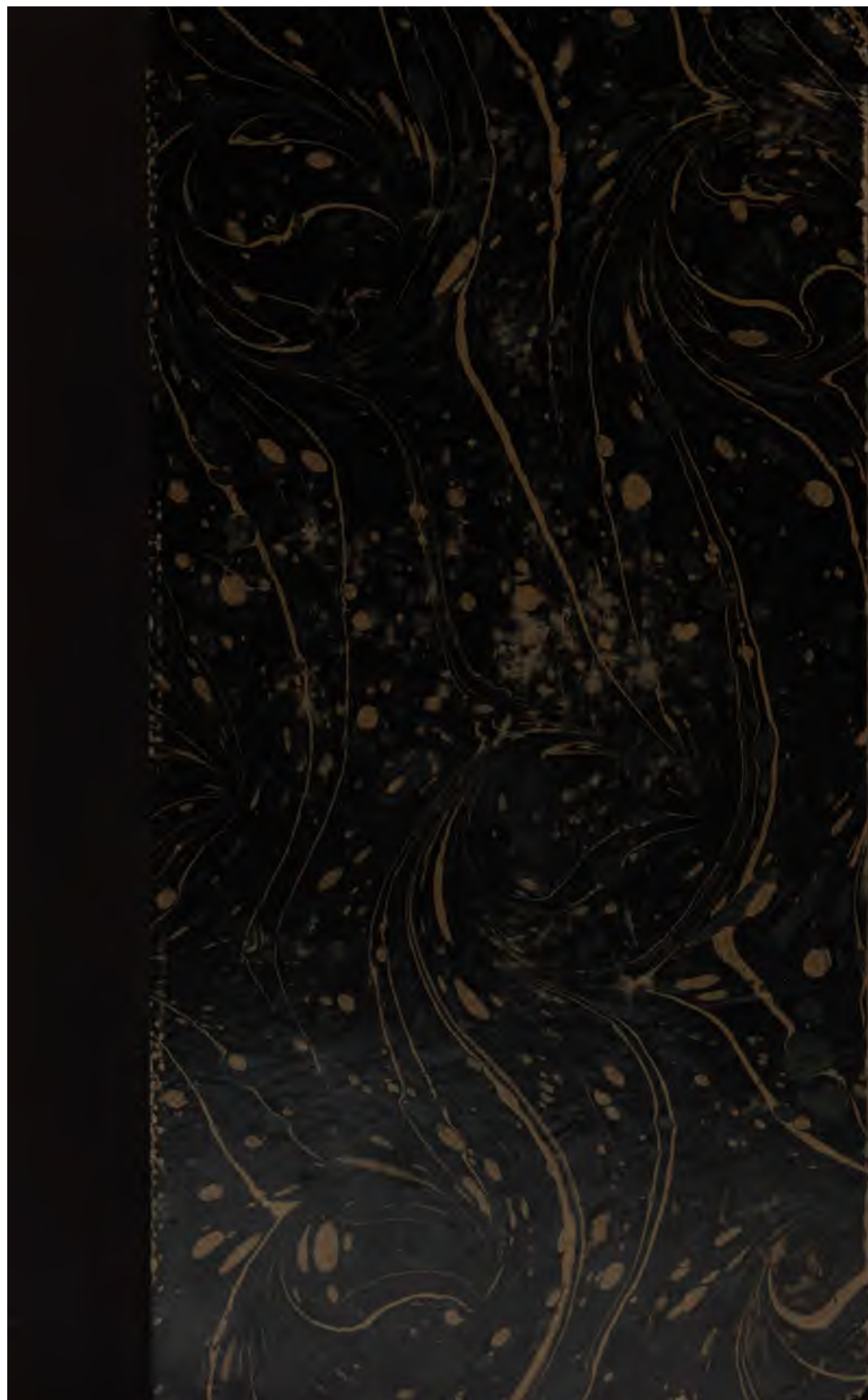

Google





ATOMISTIK

UND

KRITICISMUS.

ATOMISTIK

UND

KRITICISMUS.

EIN BEITRAG

ZUR

ERKENNTNISSTHEORETISCHEN GRUNDLEGUNG

DER

PHYSIK.

VON

KURD LASSWITZ,
Dr. phil.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1878.

VORWORT.

Studien zur Geschichte der atomistischen Theorien führten mich zu dem Versuche, die Atomistik von ihrem gewohnten Boden, dem Dogmatismus, abzulösen und zunächst ihren Werth an den erkenntnisstheoretischen Grundlehren des Kriticismus zu prüfen.

Das Resultat dieser Untersuchung liegt hier vor. Es ergab sich, dass die Natur unserer Sinnlichkeit, insofern sie als subjectiver Factor die Gestaltung unserer Erfahrung mitbedingt, bei dem Streben nach wissenschaftlicher Orientirung in der Welt uns nöthigt, zur theoretischen Grundlage der Physik eine kinetische Atomistik zu wählen.

Den sehr weiten Begriff des Kriticismus habe ich absichtlich nicht näher bestimmt. Denn nicht metaphysische Untersuchungen sind hier bezweckt, sondern für die Physik soll eine möglichst breite erkenntnisstheoretische Basis gefunden werden, auf welcher sich die Meinungen aller derer zu treffen vermögen, die, so weit sie auch im Einzelnen sich trennen, doch darin übereinstimmen, dass unsere Erkenntniss unablöslich ist von gewissen Einflüssen und An-

lagen des erfahrenden Subjects. Demnach wage ich zu hoffen, dass die Anhänger des Kriticismus, wie sie auch ihrerseits die Theorie des Erkennens und des Wissens specialisiren mögen, und wie sehr andererseits meine Arbeit der Verbesserung und Vervollständigung im Einzelnen bedarf, doch im Wesentlichen die gefundenen Resultate billigen können.

Insbesondere wendet sich der vorliegende Versuch, von den angegebenen Gesichtspunkten aus einen Beitrag zur kritischen Grundlegung der Physik zu liefern, an die empirischen Forscher. Möge es ihm vergönnt sein dahin zu wirken, dass Jene, welche der Philosophie noch immer misstrauisch den Rücken kehren, sich ihren versöhnenden Bemühungen geneigter zeigen, Jene aber, welche selbstständig über die Grenzprobleme der Naturwissenschaft philosophiren, auf die drohende Gefahr des Dogmatismus aufmerksam werden, die einzelne Naturforscher bereits überrascht hat.

Schliesslich habe ich noch nachzutragen, dass zwei mit meiner Arbeit in enger Beziehung stehende Werke, „Die Axiome der Geometrie etc.“ von B. Erdmann und „Die kinetische Theorie der Gase etc.“ von O. E. Meyer, weil dieselben erst während des Druckes erschienen sind, leider nur noch unter dem Text Berücksichtigung finden konnten.

Gotha, im November 1877.

K. Lasswitz.

INHALT.

I.

Einleitung.

Die Atomistik reicht mit ihren Untersuchungen an jene Grenze des Erkennens, wo der forschende Geist seiner Natur nach auf unauflösliche Widersprüche zu stossen scheint. Die Versuche, diese Widersprüche, welche die Frage nach dem Wesen des Stoffes darbietet, mit Erfolg zu beseitigen, haben eine ausserordentliche Anhäufung von Material hervorgerufen. Wenn man die Theorien der Materie zu überblicken versucht, wie sie sowohl die Philosophie als die empirischen Naturwissenschaften ausgebildet oder angedeutet haben, so geräth man auf die Befürchtung, es handle sich hier um eine Mannichfaltigkeit von mehr oder minder willkürlichen Hypothesen, Vermuthungen und Erdichtungen, deren Durchforschung schon um des behandelten Gegenstandes selbst willen zu einem befriedigenden Resultate überhaupt nicht führen könne. Doch hat sich unter all diesen Versuchen die atomistische Hypothese als diejenige hervorgearbeitet, welche nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft die beste Aussicht zu einer einheitlichen und befriedigenden Naturerklärung zu bieten scheint.

Das Atom enthält nicht nur ein naturwissenschaftliches, sondern vor Allem ein erkenntnisstheoretisches Problem. Es erfreut sich daher der Aufmerksamkeit zweier Wissenschaften,

deren Grenzgebiete bei ihm zusammenstossen; Physik und Philosophie theilen sich in den Streit um das „Untheilbare". So geht es dem Atom, wie es auch politischen und geographischen Grenzgebieten zu ergehen pflegt; von beiden Seiten wird es in Anspruch genommen und darum aufs Sorgfältigste studirt. Aber auch der Kampf um sein Recht wird auf seinem Boden ausgestritten und prägt ihm bedenkliche Spuren auf; von beiden Seiten hat es zu leiden, und endlich kann es beim Friedensschluss geschehen, dass es für neutral erklärt wird, als überhaupt ungeeignet eine Streitfrage zu bilden.

Es scheint in mancher Beziehung, als sei das Atom bereits nahe an dieses Stadium herangerückt.

Die Zeit ist noch nicht lange vergangen, in welcher Philosophie und empirische Naturwissenschaft sich in voller Feindschaft gegenüber standen. Fechner's „Physikalische und philosophische Atomenlehre" kann etwa als abschliessendes und maassgebendes Generalstabswerk für diesen Krieg angesehen werden, soweit er sich auf die Atomistik bezog, die ja gerade den Mittelpunkt des Kampffeldes bildete. Freilich wollte der Verfasser desselben der Physik den Löwenantheil retten, was denn nicht ohne manches scharfe Wort abging, und Braniss [1]) rief ihm dagegen wieder zu, er möge „die Philosophie ungehudelt lassen."

Der Streit entgegengesetzter Meinungen konnte zwischen der „speculativen" und „empirischen" Forschung vor einigen Jahrzehnten auf dem Gebiete der Atomistik um so heftiger entbrennen, als die Verschiedenheit der Waffen und die Leichtigkeit des Rückzugs in das eigene Reich, welches dem Gegner unzugänglich blieb, einen endgiltigen Austrag des Kampfes erschwerte. Dazu kam, dass man in der Partei der Naturfor-

---

[1]) Ueber atomistische und dynamische Naturauffassung. Breslau, 1858. Aus den Abhandlungen der hist. phil. Gesellschaft in Breslau. I. Bd., S. 328. Vergl. übrigens über diesen Streit die treffenden Bemerkungen von F. A. Lange, Geschichte des Materialismus etc. (Iserlohn, 1875). 2. Aufl., II. Bd., S. 193.

scher selbst nicht recht einig war; obgleich hier in der Beobachtung und Erfahrung eine unbestechliche Schiedsrichterin den Uneinigen bestellt zu sein schien, kam doch der Kampf der Ansichten, wenn auch im Schauplatze beschränkt, zu keiner vollen Entscheidung. Die empirische Naturwissenschaft war lange Zeit hindurch selbst nicht im Stande, allgemein befriedigende Antworten zu verkünden. Den grossen Fortschritten, welche sie in der Bezwingung der einzelnen Theile ihres Reiches machte, fehlte das verknüpfende Band, die einheitliche Begründung, welche die Philosophie jener selbst zu geben mit Recht Anspruch erhob. Und als bei der allmählichen Scheidung der Naturphilosophie in die beiden grossen Lager der dynamischen und atomistischen Auffassung die empirischen Forscher fast einmüthig der letzteren sich zuwandten, schmolz der Streit um die Sache zusammen mit dem Streite der Methoden, und die Speculation mochte der Empirie um so weniger das Richteramt zuerkennen, als letztere thatsächlich nicht im Stande war, in ihrer messenden und wägenden Art eine einheitliche Naturauffassung herzustellen, wie es der speculativen Phantasie geistvoller Denker auf dem Wege geschmeidiger Begriffe zu gelingen schien.

Das musste sich ändern, als die Gänge und Minen, durch welche die Forscher an der Hand der Erfahrung ins Innere der Natur zu dringen suchten, in einem Punkte sich zu treffen begannen, seitdem es gelungen, im Gesetz von der Erhaltung der Kraft den modernen „Stein der Weisen“ zu finden, welcher die Umsetzung aller Kraftformen in einander gestattete. Die Macht dieses Gesetzes wurde ausgedehnt auch auf das Gebiet des Organischen, und als gar in Darwin der „Newton des Lebendigen“ gekommen schien, da durfte man hoffen, die „Theorie der Natur“ als mechanische Erklärung der Phänomene durch ihre „wirkenden Ursachen“ geben zu können, welche Kant wohl erwünscht, wenn auch bezweifelt hatte, als er uns die ganz unbeschränkte Befugniss und den Beruf vindicirte [1]), „alle Pro-

[1]) Kritik d. Urtheilskraft. Herausg. v. Kirchmann. Berl. 1872. S. 296.

ducte und Ereignisse der Natur, selbst die zweckmässigsten, soweit mechanisch zu erklären, als es immer in unserem Vermögen steht."

Wir wollen nicht beurtheilen, in wieweit der Untergang der sogenannten „speculativen Naturphilosophie" diesen Fortschritten der empirischen Naturwissenschaft zuzuschreiben ist; der Einfluss derselben war jedenfalls ein bedeutender. Umgekehrt aber ist es klar, dass die Naturwissenschaft, die sich nun nahe dem Ziele sah, eine geschlossene Weltanschauung bilden zu können, wenigstens in den hervorragenderen Geistern, die mit der Einseitigkeit eines naiven Realismus und consequenten Materialismus sich nicht befreunden mochten, zur Besinnung auf sich selbst kommen musste. Es wurde klar, dass die letzten Fragen der Naturforschung ihrem Wesen nach erkenntnisstheoretische sind oder sich nicht von solchen scheiden lassen.

So haben wir in den letzten Jahren das erfreuliche Schauspiel gehabt, dass Naturwissenschaft und Philosophie wieder gemeinsame Wege zu wandeln beginnen; dass es keine Philosophie mehr giebt, die sich nicht anschlösse an die grossen Entdeckungen der Empirie, und keine Naturwissenschaft, die sich der Macht der erkenntnisstheoretischen Ueberlegungen auf die Dauer entziehen dürfte. Es ist bekannt, dass das Studium von Kant hier vor Allem maassgebend war; ebenso bekannt sind die Namen der Forscher, an welche sich die moderne Bewegung knüpft; und so scheint es denn, als stände der Friedensschluss nahe bevor.

Was wird nun aus dem streitigen Grenzgebiete, aus dem Atom?

Wir deuteten oben an, dass es nicht am besten dabei wegzukommen scheine. Die Physiker und Chemiker machen sich nicht viel Sorgen um dasselbe, wenn sie nur ihre Molekel haben; die Mathematiker rechnen am liebsten mit Volumelementen; die Philosophen weisen ihm Widersprüche im Begriff nach und wollen es allenfalls als ein methodisches Erkenntnissmittel oder als „Rechnungsmarke" bestehen lassen; vom kritischen Standpunkte aus ist es jedenfalls nur unsere „Vorstellung", und so könnte man über den Werth des viel bestrittenen Atoms sehr

zweifelhaft werden, wenn nicht seine einfache Anschaulichkeit ihm einen unschätzbaren Werth für die einheitliche Erfassung und Darstellung der Mannichfaltigkeit der Erscheinungen gäbe, durch welchen allein schon es seinen Platz unter den fundamentalen Hypothesen der Wissenschaft siegreich behauptet.

Wohl aber ist es eine Aufgabe der Philosophie wie der Naturwissenschaft, insofern sie beide Naturphilosophie im edelsten Sinne sind, den gegenwärtigen Stand unserer Ansichten über das Atom in Rücksicht auf ihren erkenntnisstheoretischen Werth zu prüfen. Es handelt sich darum, der rechnenden und experimentirenden Naturwissenschaft für ihre Hypothesenbildung von einer Seite zu Hülfe zu kommen, von der sie lange Zeit hindurch nur Misstrauen, Zweifel und Angriff gewohnt war. Es handelt sich darum, den Fortschritt der Erfahrung, insofern sie auf unbekannten Gebieten vordringt, zu leiten durch die Untersuchung der Bedingungen einer möglichen Erfahrung und nachzusehen, welche Voraussetzungen für die Erklärung der Naturerscheinungen wohl aus der Natur des erklärenden Subjects selbst fliessen mögen. Zu dieser Untersuchung, welche schon von verschiedenen Seiten in Angriff genommen wurde, soll hier ein Beitrag geliefert werden durch eine kritische Behandlung der atomistischen Grundlagen der Physik.

Es gilt nicht etwa, neue Hypothesen über die mögliche Beschaffenheit der Materie aufzustellen und dieses überreich gesegnete Gebiet mit speculativen Spenden zu erfreuen; dies ist vielmehr von einem gewissen Punkte an Sache der theoretischen Physik und Chemie, denen das Recht dazu dann — aber auch nur dann — zusteht, wenn sie an der Hand der neuen Hypothese einerseits eine genügende, durch Rechnung darzulegende und das Experiment zu bestätigende Naturerklärung geben können, und wenn andererseits die in Frage kommende Hypothese vereinbar ist mit den feststehenden Principien einer richtigen Erkenntnisstheorie.

Es gilt vielmehr, diejenigen Bedingungen aufzusuchen, wel-

chen sich gemäss unserer Sinnes- und Verstandesanlage jede physikalische Erkenntniss fügen muss, um daraus die nothwendigen Principien der theoretischen Physik zu gewinnen. Dies kann geschehen, indem wir versuchsweise die gegenwärtig in der Naturwissenschaft allgemein anerkannte atomistische Hypothese an Kant's unsterbliche Errungenschaft, an den kritischen Gedanken halten, um zu bestimmen, was dabei bestehen kann.

Die Physik dürfte hiervon einen doppelten Nutzen ziehen, sowohl was die Ausdehnung ihres Bereiches als was die Sicherheit ihres Besitzstandes betrifft. Denn für beides kann sie nur gewinnen, wenn es sich herausstellen sollte, dass gewisse Annahmen, die sie zur Befriedigung gewisser empirischer Ergebnisse machen muss, weit mehr sind als eine „nothwendige und zureichende Hypothese“; dass sie vielmehr nothwendige und unabweisliche Grundsätze sind, welche aus der Natur der menschlichen Erkenntnissfähigkeit überhaupt fliessen, so dass durch sie allererst Erfahrung möglich wird. Dann aber werden sich auch die „Widersprüche“, welche man im Atom finden will, vor dem kritischen Gedanken ebenso in Dunst auflösen, wie diejenigen, welche seit Jahrtausenden im Wesen des Raumes und der Bewegung bemerkt wurden.

Wenn wir uns nun die Frage stellen, welches denn diejenigen atomistischen Vorstellungen der gegenwärtigen Naturwissenschaft seien, an welche wir unseren kritischen Maassstab zu legen haben, so kann uns eine bestimmte Antwort zu geben einigermaassen schwer fallen. Eine einheitliche und strenge Atomistik existirt eben nicht; ja die Männer von Fach lieben es, sich in dieser Beziehung keine ganz bestimmte Vorstellung zu bilden und lassen die Eigenschaften der Atome möglichst dahingestellt; oder sie machen geradezu darauf aufmerksam, dass die aus ihren Prämissen gezogenen Schlüsse von den Annahmen, welche sie über die Atome machten, nicht abhängen [1]).

In unserer Untersuchung soll es gerade darauf ankommen,

---

[1]) Clausius, Abhandlungen zur mechanischen Wärmetheorie. Braunschweig, 1867. — Poggendorff's Annalen Bd. C.

zu sehen, welche Annahmen in Bezug auf die Atome gemacht werden dürfen oder müssen. Sollen wir zu diesem Zweck in das Meer des angehäuften Stoffes hinabtauchen und das Brauchbare herauszuholen versuchen? Eine historische Sichtung dieses Wirrwarrs müssen wir einer grösseren Arbeit vorbehalten; für diesmal dürfte ein Blick hinein genügen uns zu lehren, dass wir von diesem analytischen Wege für unseren nächsten Zweck nicht viel zu hoffen haben.

Da finden wir zuerst die aus dem Alterthum stammende, von Sennert und Gassendi wieder aufgenommene sogenannte kinetische Atomistik; hier sind die Atome die kleinsten, untheilbaren Theilchen der Materie, absolut hart, undurchdringlich, in geradliniger Bewegung begriffen, verschieden an Gestalt und Grösse, ohne qualitative Unterschiede. Könnten wir dabei bleiben! Aber in der modernen kinetischen Theorie der Gase sind — wie man bisher annahm — die Atome elastisch geworden; so erklärt man uns freilich durch ihren Stoss Druck, Wärmeleitung u. s. w. der Gase, man giebt uns bestimmte Zahlen für ihre Geschwindigkeit, mittlere Weglänge, Zahl der Stösse pro Secunde, ja sogar angenäherte Werthe für ihre Massen. Aber eben dabei stellt es sich heraus, dass eigentlich gar nicht die Atome, sondern die Molekel gemeint sind, die aus Atomen bestehen. Da doch aber auch die Atome elastisch gedacht werden müssen, so bestehen sie wahrscheinlich wieder aus Atomen höherer Ordnung — u. s. w. in indefinitum. Das scheint verdächtig [1]). Oder sind etwa die Atome undurchdringlich, aber doch biegsam? Da wären wir bei Cartesius und dicht bei der Corpuscularphilosophie des siebzehnten Jahrhunderts mit ihren Häkchen, Hebeln und Maschinchen an den Atomen.

Bewahre! mischt sich hier die Physik nach Newton hinein, die Atome haben anziehende und abstossende Kräfte, durch welche sie auf einander wirken. So scheint uns auf einmal geholfen! Aber wie? Zugleich anziehend und abstossend? Wie soll man sich die Kräfte arrangirt denken? Sind, nach Weber-

---

[1]) Die Auflösung des Widerspruchs siehe in Abschnitt VIII.

Zöllner, „die letzten physikalisch nicht mehr theilbaren Elemente aller Körper die beiden Elektricitätstheilchen $+e$ und $-e$ mit ihren trägen Massen ε und ε'?" Oder hat Redtenbacher Recht?

Die abstossenden Kräfte stecken im Aether? Es sind Dynamiden mit Aetherhüllen!

Schön! Aber so wirken sie doch durch den leeren Raum? Wie soll man sich diese Wirkung vorstellen? Nicht Jeder kann das. Warum uns mit solchen Atomen nicht gedient ist, darauf kommen wir noch zurück [1]).

„Das Atom," sagt der Chemiker, „ist der kleinste Theil eines Stoffes, welcher eine Verbindung eingeht."

Aber seine Eigenschaften? Seine Werthigkeit, seine Affinitäten — sollen diese Begriffe nur Bilder für einen nicht näher aufklärbaren Vorgang sein?

Doch es giebt noch mitleidige Theorien, die uns Auskunft versprechen. Hier, ruft die „einfache" Atomistik, ist der wahre und einzige Kraftpunkt! Die Atome sind materielle Punkte, punktuelle Intensitäten, reine Raumbestimmungen mit Masse (denn Masse ist nur eine Zahl)!

Vielmehr, es sind reine Kraftcentren, nichts Materielles! Auch das will man nicht gelten lassen. Aber die Hypothese verzweifelt nicht. Von allen Seiten steigt sie auf — wer nennt die Namen?

„Die Atome sind durchdringlich, es sind Kinete, die durch einander hindurchschwingen!"

„Nur der Aether bewegt sich, der macht es!"

„Die Atome sind unendlich gross, jedes umfasst alle anderen."

„Das Atom ist das Kraftelement der Richtung, die geradlinige Bewegungsenergie."

Und so weiter! Wir hören auf.

Die meisten dieser Hypothesen haben zwar keinen Boden in der Naturwissenschaft gefasst; aber auch die weit verbreitet-

---

1) Vergl. weiter unten.

sten enthalten noch Widersprüche genug. Wir ziehen es daher vor, den synthetischen Weg einzuschlagen und nachzusehen, wie der Atombegriff gemäss unserer eigensten psychophysischen Anlagen entsteht. Hierbei muss es sich ja zeigen, was an der physikalischen Hypothese mehr ist als Hypothese und was statthafte Zuthat der Specialwissenschaften ist. Eine polemische Behandlung der Theorien wird sich dabei wohl gelegentlich passend anschliessen, ist aber in eingehenderer Weise nicht beabsichtigt, indem wir hoffen, dass die Zurückweisung entgegengesetzter Ansichten durch die Beweiskraft der vorgetragenen geleistet werde.

Um nun unserer Aufgabe näher zu treten, ist es zunächst nothwendig, einigermaassen auf das Wesen unseres Naturerkennens und die Entstehung unserer physikalischen Erfahrung einzugehen. Möge uns der Physiker ohne Misstrauen auf dies ihm unsicher erscheinende Gebiet folgen und sich überzeugen, dass die Physik an ihren Grenzen nothwendig auf die Theorie der Erfahrung zurückgreifen muss. Denn physikalische Erfahrung ist unsere erste Erfahrung, und es wird sich hier zeigen, dass die kritische Erkenntnisstheorie nichts weiter thut, als diejenigen Vorgänge bei der Bildung unserer Erfahrung sich bewusst zu machen, auf welche die empirische Naturwissenschaft sich ohne eingehendere Reflexion stützt.

Der Philosoph aber möge freundlichst berücksichtigen, dass es in diesem vorbereitenden Theile unserer Arbeit nicht darauf ankommt, wesentlich Neues zu bieten, sondern nur eine passende Form für die Principien einer kritischen Theorie der Erfahrung zu finden, auf welchen die Physik weiterzubauen vermöchte. Je sicherer das Fundament ist, um so besser. Besonders wird es den Arbeiten von Condillac, Steinbuch, Bain, W. Wundt, W. Goering zu verdanken sein, wenn wir daran gehen dürfen die vorhandenen Bausteine zusammenzufügen zu einer neuen Verbindungsstrasse zwischen Naturwissenschaft und Philosophie.

II.

Die Aufgabe der Naturwissenschaft.

Die Aufgabe der Naturwissenschaft ist die Natur zu begreifen. Was wir dabei unter Natur zu verstehen haben, kann keinem Zweifel unterliegen. Natur ist die Gesammheit Alles dessen, was in unsere Wahrnehmung treten kann. Und da alle Wahrnehmung nur in der Form von Empfindungsänderung [1]) für uns existirt, so ist es klar, dass es sich darum handelt, den Wechsel unserer Empfindungen zu begreifen; den Wechsel der Empfindungen, nicht die Empfindung selbst, welche für die Naturwissenschaft das nothwendig Vorausgesetzte und unmittelbar Gegebene ist.

Natur existirt für uns nur, insofern es einen Wechsel der Empfindungen giebt, d. h. insofern wir in unserem Bewusstsein eine Reihe von verschiedenartigen Zuständen durchlaufen. Die Fähigkeit, uns verschiedenartiger Zustände bewusst zu werden, nennen wir Erinnerung, und die Reihe derselben Zeit, insofern wir uns dadurch eines Empfindungsinhaltes und somit einer Dauer unserer Existenz bewusst werden. Die Zeit ist daher diejenige Form unseres Bewusstseins, durch welche uns Empfindungen überhaupt erst möglich sind, und sie selbst ist uns nur wahrnehmbar als der Wechsel der Empfindungen, d. h. als

---

[1]) Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, dass wir „Empfindung" hier in dem allgemeinsten Sinne nehmen und damit alle Vorgänge in unserem Bewusstsein umfassen.

die Vorstellung, dass Empfindungen reproducirt werden können. Dies ist die Zeitanschauung. Durch den Wechsel der Empfindungen entsteht zugleich ein subjectives Zeitmaass und damit die Vorstellung der Zeitgrösse; indem wir von dem Inhalt der einzelnen Empfindungen absehen, entsteht der Zeitbegriff. Hätten wir nur eine einzige, an Intensität und Qualität völlig sich gleichbleibende Empfindung, so existirte auch die Anschauung der Zeit nicht. Schon hieraus ergiebt sich, dass „Natur“ nur etwas Phänomenales sein kann, da sie uns nur als Empfindung (im weitesten Sinne) und diese nur als Ablauf der Zeit zum Bewusstsein kommen kann. Die Frage, was Natur noch ausser unserer Empfindung sein könne, ist vorläufig ganz auszuschliessen; wohl aber ist die Frage zu stellen, welche Art der verschiedenen Empfindungen ihrem Wesen nach gestattet, alle übrigen darauf zurückzuführen.

Die Form, in welcher Empfindung in uns entsteht, ist bedingt durch unsere Sinnlichkeit. Wir unterscheiden erfahrungsmässig Lichtempfindungen, Tonempfindungen, Geschmacks- und Geruchsempfindungen; ferner Tast- und Innervationsempfindungen. Zu den letzteren rechnen wir alle diejenigen, welche sich auf ein unmittelbares Bewusstwerden der in unserem Muskel- und Nervensystem stattfindenden Veränderungen beziehen. In diesen Formen bewegt sich alle unsere Empfindung bis zu ihren höchsten Complicationen, also auch all unser Denken, insofern es nur in Anschauungen und Begriffen möglich ist, welche ihren Ursprung in der Sinnlichkeit haben. Zur Verknüpfung derselben tritt allerdings noch ein Factor hinzu, welcher seinen Grund in anderen Eigenschaften unserer Organisation haben mag, den Stoff zu seinen Bildungen aber aus der Sinnlichkeit nehmen muss. Diese Synthesis ist ihrer Form nach durch die Natur unserer psychophysischen Anlagen bedingt, so gut wie unsere Wahrnehmungen, der Stoff jener Synthesis, durch unsere Sinnlichkeit bedingt sind. Es ist dadurch a priori eine formale Bedingung unserer Erfahrung gegeben, indem wir das Mannichfaltige der Empfindung nur nach diesen in uns selbst liegenden Gesetzen verknüpfen können, und diese Gesetze nen-

nen wir die Kategorie. Ein solches unbestreitbares Gesetz, welches der Verknüpfung des Mannichfaltigen und damit unserer Erfahrung selbst zu Grunde liegt, ist die Kategorie der Causalität[1]). Erst durch die Causalität wird der Inhalt der Erfahrung begreifbar. Wir können somit jetzt die Aufgabe der Naturwissenschaft etwas näher dahin bestimmen: den Wechsel der Licht-, Ton-, Geschmacks-, Geruchs-, Tast- und Innervationsempfindungen als einen causalen Zusammenhang zu begreifen.

Ehe wir in der Untersuchung weiter gehen, ob und wie diese Aufgabe lösbar sei, drängt sich zunächst die Frage auf, was man unter „begreifen" zu verstehen habe.

Wir sind — und das ist eine unzweifelhafte Thatsache des Bewusstseins — im Besitze einer Anzahl mehr oder weniger einfachen Vorstellungen, hervorgegangen aus unserer Natur, über deren Ursprung an anderem Orte gehandelt werden mag. Hier setzen wir sie vorläufig als gegeben voraus, unbekümmert, ob es später gelingt, die Gesetze ihrer Entstehung zu entdecken; so gut wie die Logik das Denken als gegeben voraussetzt, wenn sie daran geht seine Gesetze mit Hülfe desselben abzuleiten. Auf einer gewissen Stufe geistiger Entwickelung fühlen wir nicht das Bedürfniss, solche einfache Vorstellungen weiter zu begründen; sie sind da, und weil wir an sie gewöhnt sind, halten wir sie für selbstverständlich. Welches diese Vorstellungen sind, bleibt vorläufig unwesentlich. Da es sich nur um einen Anfang handelt, braucht über diese Stufe keine Bestimmung gemacht zu werden; es steht uns später frei, diese einfachen Vorstellungen, bei denen das Erkenntnissbedürfniss stehen bleibt, nach Zahl und Art einzuschränken; und diese Einschränkung möglichst zu vollziehen, ist eben die Aufgabe der Wissenschaft. — Wenn dem abergläubischen Bauer ein Stück Vieh fällt, so ge-

[1]) Eine eingehende Erörterung des Causalitätsgesetzes wäre nicht unangemessen, doch führt sie uns zu weit von unserem Gegenstande ab. Es genügt für den beabsichtigten Zweck festzustellen, dass das Causalgesetz — wie Niemand bestreiten wird — ein unzweifelhaftes Grundgesetz ist, nach welchem wir den Erfahrungsinhalt ordnen müssen, mag man selbst über den Ursprung der Causalität diese oder jene Ansicht haben.

nügt ihm zur Erklärung etwa die einfache Vorstellung: Es ist verhext; dem Thierarzt eine andere, z. B. es ist vergiftet, und er ist zufrieden, wenn er den Namen des Giftes angeben kann. Der Physiologe will die Veränderungen im Blute und in den Geweben aufgezeigt wissen und wird sich möglicher Weise bei einigen technischen Ausdrücken beruhigen müssen, die noch sehr complicirte Vorgänge bedeuten können. Der Chemiker wird wünschen, die Wanderungen der Atome in den Molecülcomplexen zu kennen; dem Philosophen wird vielleicht „Atom“ und „Bewegung“ als eine Vorstellung erscheinen, die noch nicht einfach genug ist, um den Vorgang als „begriffen“ ansehen zu lassen. Die Ansichten über das, was einfache Vorstellungen sind, die nicht weiter begriffen zu werden brauchen, sind also sehr verschiedene; aber es handelt sich, wie gesagt, hier noch nicht darum, festzustellen, welche als solche von Seiten der Erkenntnisstheorie anerkannt werden dürfen. Sie werden im Beginn des wissenschaftlichen Denkens andere sein als im späteren Verlaufe, und welche es sind, wird sich erst aus der Betrachtung der Natur unseres Denkens und Vorstellens erkennen lassen. Es genügt zu wissen, dass es einfache Vorstellungen giebt, die auf einer gewissen Stufe unserer Erkenntnissthätigkeit keines weiteren Begreifens bedürfen. Dass der Begriff des Begreifens hierbei ein relativer ist, hindert nicht, eventuell nach einem absoluten zu suchen.

Jedesmal, wenn unser Causalitätsbedürfniss, indem es von einer Erscheinung zur anderen als deren Ursache zurückgeht, auf eine dieser oben erwähnten einfachen Vorstellungen gestossen ist, dann ist es befriedigt. Um zu einer solchen zu kommen, zerlegt es die Erscheinungen in Theile und sucht für diese ihre Einzelursachen [1]). So vermag es die Complication der Erscheinungen aufzulösen in einfache Vorgänge, deren weitere Erklärung nicht erstrebt wird. Unser Causalitätsbedürfniss hat dann gewissermaassen einen Nullpunkt erreicht; wir fragen

[1]) Hierzu finden sich treffende Bemerkungen in Zöllner's bekanntem Buche „Ueber die Natur der Kometen etc.“ Leipzig, 1872.

nicht mehr: Warum? weil die betreffende Vorstellung nach der Gewohnheit und Entwickelungsstufe unseres Geistes etwas ein- für allemal als bekannt Gegebenes ist. Gewohnt kann uns nun freilich jede Vorstellung werden, und die Geschichte der Wissenschaften bietet Beispiele genug, dass gewissen Zeitaltern gewisse Vorstellungen gewohnt und daher als Erklärungsgründe genügend waren, welche von anderen Epochen verworfen wurden [1]). Fragt man daher nach einer weniger relativen Bestimmung, so ergiebt sich, dass als einfache Grundvorstellung immer diejenigen übrig bleiben, welche unmittelbare Producte unserer Anschauung sind, denn diese allein sind unmittelbar verständliche „Thatsachen des Bewusstseins."

Nicht alle solche „Thatsachen des Bewusstseins" sind für den wissenschaftlichen Gebrauch gleichwerthig; sondern wir werden sehen, dass nur diejenigen dazu verwendbar sind, welche sich nothwendig in unseren Wahrnehmungen finden müssen um die Verschmelzung zum Begriffe eines Gegenstandes hervorzurufen, und somit auf eine starke Betheiligung unseres Selbst an ihrem Ursprunge hinweisen. Doch können wir auf diese Frage später erst zu sprechen kommen und müssen unsere gegenwärtige Betrachtung auf folgende Erklärung beschränken: Eine Erscheinung begreifen heisst sie nach dem uns innewohnenden Causalitätsgesetz in einfache Vorstellungen aufzulösen, welche als bekannt und gewohnt, daher nicht weiter erklärbar angesehen werden; solche Vorstellungen sind erreicht, sobald man zur unmittelbaren Anschaulichkeit gelangt ist.

Ist es nun möglich, solche einfache Vorstellungen als unserer Natur nach nothwendige abzuleiten, so muss sich auch daraus die nothwendige Grundlage einer Naturerklärung ergeben. Denn indem Natur für uns nur dadurch entsteht, dass wir sie aus den Elementen aufbauen, deren Form unsere Sinnlichkeit in Verbindung mit der Kategorie bestimmt, so muss auch der fertige Aufbau, welcher unserem wissenschaftlichen Denken

---

[1]) Um nur an ein Beispiel zu erinnern: Man denke an die Vorstellung fernwirkender Kräfte seit Newton.

gegenübertritt, durch Zurückgehen auf jene Elemente erklärbar sein. Die Naturerscheinungen enthalten einen fremden, von uns unabhängigen Factor, aber sie können auch nichts enthalten, was nicht der Form nach von uns bedingt ist; daher müssen sie begreifbar sein aus diesen formalen Bedingungen. Wir können daher die Aufgabe der Naturwissenschaft weiter dahin präcisiren: Die Mannichfaltigkeit der durch die verschiedenen Sphären der Sinnlichkeit gegebenen Empfindungen ist nach Maassgabe des Causalitätsgesetzes auf einfache und bekannte, d. h. anschauliche Vorstellungen zurückzuführen.

Bei diesem Bestreben tritt eine neue Seite der begreifenden Thätigkeit unseres Verstandes hervor. Die einfachen und bekannten Vorstellungen denken wir uns ebenfalls in einem causalen Zusammenhang. Wir haben nicht nur die gegebenen Empfindungen in einzelne Elemente aufzulösen, sondern auch deren Wechsel, den wir als eine Wechselwirkung auffassen, zu verstehen. Dies geschieht, indem wir dieselben nach allgemeinen Gesetzen ordnen, welche wir Naturgesetze nennen. Es sind dies also Oberbegriffe für eine grosse Anzahl einzelner Vorgänge im Wechsel der Erscheinungen. Mit Recht sagt Helmholtz[1]: „Naturgesetze sind nichts als Gattungsbegriffe für die Veränderungen in der Natur.“ Man beachte nur, dass wir die Veränderungen in der Natur nur kennen als Veränderungen unserer Empfindungen in den verschiedenen Sphären unserer Sinnlichkeit; und diese ordnen wir nach Maassgabe unseres Verstandes in Form von Gesetzen. Wir werden zwar sehen, wie durch die Natur unserer Sinne dieses Innen auch zu einem Aussen werden kann; aber angenommen, es wäre nicht möglich dies zu zeigen, und wir müssten auf dem Standpunkte eines Berkeley'schen Idealismus stehen bleiben, so folgt doch schon hieraus, dass auch auf diesem, ja selbst auf rein solipsistischem Standpunkte Naturwissenschaft möglich ist. Nöthig ist dazu nur, dass dem empfindenden Subject irgend ein apriorisches Gesetz zukommt, nach welchem es den Wechsel seiner Emfindun-

---

[1]) Physiologische Optik. Leipzig, 1867. S. 454.

gen zu ordnen vermag. Und den Objecten dieser Naturwissenschaft kommt ebenfalls empirische Realität, ihr selbst aber unbedingte und allgemeine Giltigkeit zu, da sie alle für das Subject überhaupt mögliche Erfahrung umfasst.

Unsere Definition erweitert sich somit schliesslich dahin: Die Aufgabe der Naturwissenschaft ist die Zurückführung der durch die verschiedenen Sphären unserer Sinnlichkeit gegebenen Empfindungen auf einfache und bekannte, d. h. anschauliche Vorstellungen und ihre Verknüpfung durch allgemeine Gesetze zu einem causalen Zusammenhange.

Dass diese Aufgabe nur lösbar ist vermöge der eigenartigen Natur unseres Gesammtwesens, wodurch allererst Erfahrung möglich wird, ist schon gesagt. Das Princip aber, nach welchem unser Denken bei der Herstellung des verlangten Causalzusammenhanges verfährt, bildet hier nicht den Gegenstand der Untersuchung. Wie es aber auch geartet sei, der Sinn der Aufgabe muss derselbe bleiben und ebenso die Form der Naturauffassung, zu welcher es führt und die wir hier zu studiren haben.

R. Avenarius [1]) z. B., welcher als solches Princip das „Princip des kleinsten Kraftmaasses" annimmt, kommt zu demselben Resultat: „Daher betrachten alle Wissenschaften, welche auf ein Begreifen abzielen, ihre Aufgabe als erfüllt, wenn sie ihre Materie einerseits in die einfachsten Bestandtheile aufgelöst, andererseits diejenigen Begriffe aus ihnen abgeleitet haben, welche am völligsten die Gesammtheit der Erscheinungen umfassen; das sind die allgemeinsten Begriffe und die höchsten Gesetze."

---

[1]) Philosophie als Denken der Welt gemäss dem Princip des kleinsten Kraftmaasses. Leipz. 1876. S. 18. Ein, unserer Meinung nach, sehr glücklicher Versuch, dem allgemeinen Begriff „unserer Synthesis" näher zu treten. Vergl. hierzu den Abschnitt „Ueber den philosophischen Werth der math. Naturwissenschaft" in O. Liebmann's reichhaltigem Werke „Zur Analysis der Wirklichkeit." Strassburg, 1876.

Wenn übrigens Zöllner[1]), von dem Gedanken ausgehend, dass Verwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft mit Lustempfindung, Verwandlung von lebendiger Kraft in Spannkraft mit Unlustempfindung verknüpft sei, jenes psychische Regulativ mit dem Grundgesetz der Mechanik, dem Gauss'schen „Princip des kleinsten Zwanges", in Beziehung setzt, so ist damit keineswegs bewiesen, dass jenes Gesetz ein transcendentes, den Dingen an sich zu Grunde liegendes Princip sei, sondern vielmehr, dass dieselben Principien, welche unser psychisches Geschehen bedingen, damit auch die Vorstellung der in Raum und Zeit bewegten Welt in analoger Form erzeugen. Es ist daher eine interessante Bestätigung der kritischen Ansicht, dass sich ein in unserer Empfindung uns unmittelbar bewusstes Gesetz auch wiederfindet in gleicher Form in unserer Auffassung der Welt als Bewegung des Stoffes, und ebenso wiederfindet bei dem Bestreben, uns unbekannte Thatsachen vom Gesichtspunkte der Wahrscheinlichkeit aus abzuschätzen, nämlich in der Methode der kleinsten Quadrate. Es werden eben auch in einer empirischen Wissenschaft, wie der Naturwissenschaft, diejenigen Gesetze wiederkehren müssen, welche unserer Erfahrung a priori zu Grunde liegen, und ihre Aufgabe ist es, diese Gesetze aufzufinden und zu formuliren in Rücksicht auf den ihnen einzuordnenden Erfahrungsstoff.

Will man nun sagen, eine solche Naturwissenschaft gäbe keine Erklärung des Weltlaufes, sondern nur eine Beschreibung, so könnte man zunächst einwenden, dass ersteres auch gar nicht ihre Aufgabe sei, sondern der Philosophie zukäme. Aber wir vermeiden diesen Weg. Es ist nämlich durchaus nicht einzusehen, wie E. v. Hartmann behaupten kann: „Wer der Naturwissenschaft die transcendente Causalität abschneidet, macht ihr das Erklären der gegebenen Wirklichkeit unmöglich; wer das Erklären der Wirklichkeit für unmöglich erklärt, hebt damit nicht nur die Möglichkeit der Philosophie, sondern auch der Naturwissen-

---

[1]) Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie. Leipz. 1876. S. LXV f.

schaft als Wissenschaft auf"[1]). Was wir unter Erklären der Wirklichkeit verstehen, ist oben angegeben; es ist das Zurückführen der mannichfaltigen Eindrücke der empirischen Wirklichkeit auf gewisse einfache Empfindungen. Ein ander Ziel hat nun einmal Naturwissenschaft nicht, und insofern ist sie, wie ebenfalls erwähnt, nicht nur auf phänomenalistischem, sondern selbst auf solipsistischem Standpunkte möglich. Es genügt — wie wir hier im Gegensatz zu Hartmann betonen und im Verlaufe dieser Schrift wiederholt nachweisen — dem Naturforscher vollständig, dass seine Beobachtungen für jedes Menschenkind unzweifelhafte empirische Gewissheit und seine Gesetze unbedingte Geltung haben, und es ist ihm ganz gleichgültig, was hinter der Erscheinung liegt. Wenn es ihm gelungen ist, für einen Naturvorgang eine gute Interpolationsformel zu finden, so gewinnt es ihm keineswegs „ein Lächeln ab", wenn ein Anderer nachweist, dass man dieselbe Formel aus ganz anderen Hypothesen herleiten könne. Er wird den Planetenlauf nach dem Newton'schen Gesetz berechnen, wenn auch die Gravitation einmal aus ganz anderen Gesichtspunkten erklärt werden sollte. Eben so wenig aber würde es ihm ein Lächeln abgewinnen, wenn er die Ueberzeugung erhielte, dass er sich nur in der Welt der Phänomene bewegt und seine Atome und sein Raum nur nothwendige Bildungen seiner Vorstellungsoperationen sind. Gerade der Phänomenalismus hat vor allem Realismus den grossen Vortheil voraus, dass eben nur durch ihn Naturwissenschaft möglich ist; denn ein transcendentes Causalitätsgesetz kann immer angefochten werden; ein uns immanentes aber ist unbestreitbar gewiss und verbürgt damit zugleich die Sicherheit des naturwissenschaftlichen Erkennens. Naturwissenschaftliche Hypothesen gelten als besonders empfehlenswerth und annehmbar, wenn sie einfach sind. Läge die Gesetzlichkeit der Natur ganz ausserhalb unseres Wesens und wäre sie von unserer Erkenntnissform völlig unabhängig (d. h. wäre

[1]) Neukantianismus, Schopenhauerianismus und Hegelianismus etc. 2. Aufl. Berl. 1877. S. 61.

die uns erscheinende Gesetzlichkeit diejenige der transcendenten Dinge), so wäre es durchaus nicht zu verstehen, warum wir diejenigen Naturgesetze als die wahrscheinlich der Wahrheit am nächsten kommenden ansehen sollen, welche uns sehr einfach erscheinen. Vielmehr wäre es in hohem Grade unwahrscheinlich, dass die Natur in ihrer Gesetzmässigkeit gerade so verfährt, wie es einem menschlichen Verstande einfach erscheint [1]). Somit wird Wissenschaft, d. h. Erkennen der Wahrheit, eben nur auf phänomenalem Gebiete möglich, weil wir selbst die Gesetze geben; während einem transcendenten Gesetze auf die Spur zu kommen immer nur einen sehr geringen Grad von Wahrscheinlichkeit besitzen dürfte.

Auf solche principielle Gegensätze näher einzugehen ist natürlich hier nicht der Ort. Wir beabsichtigen nur uns vor dem Vorwurf zu verwahren, dass unsere Definition der Naturerklärung nur eine Naturbeschreibung sei. Uns scheint diese Controverse überhaupt nur auf einen Wortstreit hinauszukommen, welcher verschwindet, wenn man sich über den Begriff der Beschreibung einigt. Bezieht man nämlich die Beschreibung auf Alles das, was nach den unserer Naturauffassung zu Grunde liegenden Gesetzen überhaupt möglich ist, so erhält man allerdings keine Naturwissenschaft, sondern nur das Schema zu einer solchen, wie es etwa Kirchhoff mit seiner Mechanik [2]) beabsichtigt. Beschränkt man jedoch den Begriff der Beschreibung nur auf das wirklich empirische Material, so wird die einfachste Beschreibung des gegebenen Vorganges zugleich die beste Erklärung sein. Ein System von Differenzialgleichungen, welches eine grosse Gruppe von Phänomenen umfasst, z. B. die der Elasticität, ist zunächst eine Beschreibung der möglichen Bewegungen; sobald aber die Grenzbedingungen aus den Daten der Erfahrung hinzutreten, bildet es eine Erklärung, insofern eine Reihe höchst verschiedenartiger Erscheinungen (optische, akustische, mechanische u. s. w.) auf wenige

[1]) Diesem Vorwurf hat sich allerdings Hartmann zu entziehen gewusst, falls — seine Beweisführung als stichhaltig angesehen werden darf.

[2]) Vorlesungen über mathematische Physik. Leipz. 1876.

Grundvorstellungen zurückgeführt sind. Die Erklärung ist allerdings noch nicht abgeschlossen, aber bedeutend weiter geführt, als es ohne die mathematische Sprache möglich wäre. Es muss aber auch der Wissenschaft das Recht gewahrt bleiben, behufs ihrer auf allgemeingültiger Beschreibung beruhenden Erklärung sich ihre Schrift zu bilden, d. h. diejenigen Annahmen über die zu Grunde zu legenden Elemente zu machen, welche die allgemeinste und einfachste Beschreibung ermöglichen. Das aber werden eben diejenigen sein, welche jene empirischen Erscheinungen selbst hervorrufen und bedingen, resp. ihnen ihre Form aufdrücken. Und darum werden diese einfachsten Elemente stets Anschaulichkeit einschliessen und aufgefunden werden können, wenn man der primitiven Entstehung der Erfahrung auf den Grund geht.

III.

Die Entstehung des Atombegriffs.

Aus der Darlegung unserer Stellung zur Aufgabe der Naturwissenschaft hat sich zugleich die Beantwortung der Frage ergeben: Wie ist Naturwissenschaft möglich?

Die Antwort konnte seit Kant's classischer Frage: Wie sind synthetische Urtheile a priori möglich? überhaupt nicht zweifelhaft sein. Begreifbarkeit der Welt ist nur denkbar, wenn man die Welt als phänomenal fasst; Naturwissenschaft ist möglich, weil wir selbst ihre Gegenstände erschaffen. Und wir können jetzt hinzusetzen: Wir erschaffen die Natur mit ihren Gesetzen, indem wir die aus dem Wesen der verschiedenen Sphären unserer Sinnlichkeit entspringenden Empfindungen nach uns immanenten Gesetzen einer Synthesis verschmelzen und ordnen.

Derjenige Theil der Erkenntnisstheorie, welcher das Problem zu lösen hat, wie die in Raum und Stoff erscheinende Welt durch uns erzeugt wird, ist von Wilhelm Göring [1]) als „Kritik der

---

[1]) **Raum und Stoff. Ideen zu einer Kritik der Sinne. Berlin, 1876. Verwandte Ideen bei Condillac, Steinbuch, Bain. Vergl. hierzu W. Wundt, Grundzüge der physiol. Psychologie. Leipz. 1874. 12. und**

Sinne“ neuerdings ausführlich behandelt worden. Indem wir uns auf seinen Grundgedanken von der Verschmelzung der Sphären unserer Sinnlichkeit stützen, verweisen wir im Allgemeinen auf seine Darlegungen. Nur liegt es in der Natur der Sache, dass wir unsere Abweichungen ausführlicher erörtern, womit wir dem verdienstvollen Werke keineswegs zu nahe treten wollen.

Wir haben oben angegeben, dass wir unter der Zeit die „formale Beschaffenheit unseres Gemüths“ verstehen, vermöge deren wir einen Wechsel der Empfindungen haben. Sie ist die Bedingung der Möglichkeit von Empfindungen, insofern dadurch eben ein Nacheinander derselben bedingt wird. Schon durch sie allein kann der Begriff eines Gegenstandes synthetisch entstehen, wenn nur mit der Apprehension der Vorstellung die Reproduction in der Einbildung gegeben ist. So haben wir im Bewusstsein die Empfindungen *a*, *b*, *c* etc., wir erkennen sie wieder, wenn sie uns wiederkehren, und unterscheiden an ihnen verschiedene Grade von Intensität. Wenn nun gewisse Empfindungen empirisch stets mit einander verbunden sind, die Empfindung *a* zugleich mit der Empfindung *b* auftritt, so wird dieser Empfindungscomplex für uns etwas Neues, in sich Abgeschlossenes und Zusammengehöriges. Wir denken dabei noch nicht an eine Synthesis des Räumlichen oder die Verknüpfung des Mannichfaltigen in der Kategorie, sondern allein an die Synthesis der Zeit, welche schon genügt, die Verknüpfung von Empfindungen zu einem Complex hervorzubringen. Das erfahrungsmässige und gewohnte „Zugleich“ oder „Nacheinander“ von Empfindungen giebt bereits vollständig die Vorstellung des Gegenstandes, dessen Begriff durch die Sprache fixirt wird. Der Gegenstand ist „das Etwas, davon der Begriff eine Nothwen-

---

19. Cap. — Zugleich sei hierbei bemerkt, dass unsere Untersuchung nicht auf das psychologische Entstehen des Raum- und Stoffbegriffs und die einzelnen Phasen desselben Werth legt, sondern vor Allem nach der Art der Begriffe fragt, welche durch die physiologischen und psychologischen Vorgänge als die nothwendige Grundlage unserer Erfahrungswelt und ihrer Erklärung geschaffen werden.

digkeit der Synthesis ausdrückt" [1]). Diese Nothwendigkeit tritt ein, so oft eine gewisse Vorstellungsgruppe als zeitlich zusammengehörig recognoscirt wird.

Wenn z. B. nur Empfindungen des Geruchs und Gehörs percipirt werden, etwa ein gewisses Knistern und damit stets verbunden der Geruch des Ozons, so wird ganz gewiss durch die Synthesis dieser beiden immer in gleicher Weise wiederkehrenden Vorstellungen der Begriff eines Gegenstandes erzeugt, welchem eben diese Eigenschaften des Knisterns und Riechens zugeschrieben werden. Es tritt dabei schon hervor, dass der Substanzbegriff nur ein Hülfsbegriff ist, welchem keine besondere Kategorie zu entsprechen braucht. Denn es ist eben nur nöthig gewisse Vorstellungen so mit einander zu verbinden, dass sie einen immer wieder zu erkennenden Complex bilden, welcher durch Hinzutreten oder Fortfallen gewisser geringerer Merkmale der Veränderung fähig erscheint; und dies geschieht schon durch die formale Einheit des Bewusstseins in der Synthesis ohne Annahme einer besonderen Substanz [2]). Der Begriff der Substanz ist nur (wie auch der der Kraft) ein Abkürzungsmittel des begrifflichen Denkens. Jenes cohärente Knistern und Riechen bildet für die Welt des nur hörenden und riechenden Subjects einen knisternden und riechbaren Gegenstand. Denken wir uns jenes Subject mit Gesichtswahrnehmung begabt, so tritt zu den früheren Theilvorstellungen noch die eines bestimmten Lichtblitzes, und bei vorhandener Tastempfindung unter Umständen auch die eines eigenthümlichen prickelnden Gefühles in der Haut — der Begriff des elektrischen Funkens ist fertig.

Man sieht, wie der Complex der Einzelvorstellungen schwankt; nicht immer brauchen alle jene Wahrnehmungen vorhanden zu sein, der Begriff bleibt doch. Aber mit der Erweite-

---

1) Cohen, Kant's Theorie der Erfahrung. Berl. 1871. S. 133.

2) Hierzu vergl. die trefflichen Bemerkungen von R. Avenarius, Philosophie als Denken der Welt gemäss etc. S. 51 bis 56. Ferner W. Goering, Raum und Stoff. S. 202.

rung des Reiches der Sinnlichkeit werden nun gewisse bei der überwiegenden Mehrzahl der Vorstellungscomplexe vorhandene Wahrnehmungen sich zu besonderen, jenen gemeinsamen Begriffen zusammenschliessen. Es wird dadurch die Form des entstehenden Weltbildes eine durch letztere bedingte werden, und es wird das Bestreben vorhanden sein, die so entstandenen Begriffe möglichst allen Gegenständen zu Grunde zu legen. Bei der uns eigenthümlichen Sinnesconstitution sind solche allgemeine Begriffe, in denen unser Weltbild aufgeht, nun die beiden: Raum und Körper.

Der Begriff des Körpers wird gleichzeitig erzeugt mit dem Begriff des Raumes, indem unsere flächenhafte Raumanschauung des Gesichtssinnes durch unsere Tast- und Innervationsgefühle ergänzt wird und auf diese Weise den Begriff eines Raumes von drei Dimensionen zu Stande bringt. Wir sind, um mit W. Goering [1]) zu reden, ein intellectuelles Centrum und ein motorischer Umkreis. Als ersteres bemerken wir, dass wir als letzteres Veränderungen in einer uns umgebenden aber uns unbekannten Welt hervorbringen können, durch welche wir uns selbst afficiren; und so kommt es, „dass wir uns zugleich als ein motorisches Centrum jenem transcendenten motorischen Umkreis gegenüberstellen" [2]). Dadurch „entsteht unser Raumbegriff zugleich mit dem unseres selbstbewussten Ich und demjenigen einer Welt von abgeschlossenen Dingen im Raum. Wir existiren in der Welt nicht bloss als denkende Wesen; denn da wäre Alles nur ein Theil von uns, ein Phänomen in unserem transcendentalen Raum. Weder von einer Aussenwelt noch von einem Ich wäre zu sprechen möglich. Erst mit der ganz allmählichen Entwickelung der Erkenntniss, dass wir auch selbst über einen kleinen Theil der Welt Macht haben, löst sich dieser aus einem unendlichen Zusammenhange, und alles Uebrige wird als gleicherweise loslösbare Einheit vorgestellt; da wir uns durch den transcendenten Umkreis hindurch selbst afficiren müssen, wenn wir von unserer obigen Fähigkeit überhaupt eine Idee haben

---

1) A. a. O. S. 202 f. — 2) A. a. O. S. 204.

sollen, so entsteht mit immer grösserer Klarheit das Selbstbewusstsein Ich, aber in demselben Grade erscheinen wir uns nun immer mehr als das motorische Centrum und der Raumbegriff nimmt seinen nothwendigen Entwickelungsgang. Nun nehme ich mit meinem Körper einen Raum ein, ich stelle dies analog für alle übrige Körperwelt, die vorher auch nur ein Phänomen für uns war, vor, und so wie das Neben- und Zwischeneinander an den Gliedern und Theilen meines Körpers geordnet ist, so wird dasselbe auch für die Beziehungen aller Körper verständlich." — „Es entsteht der Begriff einer Welt von erfüllten Räumen, die neben einander geordnet sind und zwischen denen selbst sich Raum befindet."

Wesentlich ist es für unsere Untersuchung, dass der Raumbegriff immer gleichzeitig mit dem Begriff des Körpers und nur an diesem entsteht [1]). Ja psychologisch ist offenbar der Begriff des Körpers das Vorangehende. Lange bevor das Kind bestimmte Bilder durch das Auge mit Bewusstsein wahrnimmt und sich der wahrgenommenen erinnert, hat es schon Tastgefühle, also Vorstellungen von Körpern, deren es sich erinnert, speciell durch den Tastsinn der Händchen und der Lippen.

Bei einem fortgeschrittenen Bewusstsein wird nun der Begriff des Körpers von dem des Raumes gelöst. Stets entsteht der Körper als etwas Abgeschlossenes, Volles, Ganzes; dasjenige, in welches wir mit unserem Tastgefühl nicht dringen können, erscheint uns als ein Körper. Wir nehmen aber wahr, dass diese uns als abgeschlossene Ganze bekannten Körper getrennt sind; wir können einen Theil dessen, was wir als unseren eigenen Körper kennen gelernt haben, zwischen dieselben bringen oder diesen Theil von uns durch einen anderen uns als abgeschlossen bekannten Körper ersetzen. Dadurch bilden wir den Begriff von Körpern, welche im Raume beweglich sind. Wir stellen drei Bücher neben einander und bemerken, dass sich an eins und drei nichts ändert, wenn wir das mittelste herausneh-

[1]) Dies betont neuerdings auch B. Erdmann in der scharfsinnigen Schrift: Die Axiome der Geometrie. Leipz. 1877. S. 91, 94, 96.

men. Durch diese Beobachtung, welche wir seit der frühesten Jugend an Gegenständen aller Art geübt haben, entsteht der Begriff des leeren Raumes. Anfänglich lernen wir den Raum von drei Dimensionen nur kennen, insofern derselbe eine begrenzende Oberfläche darbietet, also von begrenzter Materie erfüllt ist. Dieser Raum ist undurchdringlich, und so heisst er ein Körper. Die erste Vorstellung vom Körper ist daher nothwendig die einer stetigen Raumerfüllung. Die Materie erfüllt dem Begriffe nach den Raum stetig, in welchen wir nicht selbst eindringen können. Solcher stetig erfüllten Räume kennen wir aber unzählige. Ueber die Grösse derselben ist jedoch von vornherein durchaus nichts festgesetzt. Schon im gewöhnlichen Leben reicht die Kleinheit derselben erfahrungsmässig bis an die Grenzen unserer Sinneswahrnehmung.

Nun ist es die Aufgabe der Physik, die Mannichfaltigkeit der Veränderungen in der Körperwelt auf die einfachsten Vorstellungen zurückzuführen. Diese einfachsten Vorstellungen sind aber die von Körpern, wie sie durch unsere natürliche Weltauffassung unmittelbar im Begriffe erzeugt werden, d. h. undurchdringliche, stetig erfüllte, vollständig begrenzte Räume[1]).

---

[1]) Dass die hier gegebene Darlegung von der kritischen Entstehung des Begriffs der Körper oder der Materie durchaus mit den Vorstellungen übereinkommt, welche die Physik in dieser Hinsicht zu bilden pflegt, ergiebt sich durch eine Vergleichung mit dem Capitel (XV.) „Ueber den Begriff der Materie und Substanz" auf S. 105 von Fechner's „Physikalischer und philosophischer Atomenlehre" (2. Aufl. Leipz. 1864). Dasselbe wird mit den Worten eingeleitet (Schluss v. XIV.): „Ich will, weil ich doch vorauszusetzen habe, dass der Philosoph den Physiker endlich dahin treiben wird, sich über den Begriff der Materie näher zu erklären, ... kurz zeigen, wie es sich für den Physiker hiermit stellt; und wenn man die folgende Erklärung darüber nicht explicite in irgend einem physikalischen Lehrbuch findet, so ist sie doch implicite in allen enthalten, indem sie nichts als die einfache Darstellung der Weise ist, wie der Physiker die Materie factisch fasst und behandelt." Dann heisst es z. B. auf S. 108: „Der Philosoph sagt nun etwa: Du hast die Materie auf das, was gefühlt werden kann, zurückgeführt, aber was ist Das, was gefühlt wird, selbst, das Object des Fühlens hinter dem Fühlen? — Nichts, was den Physiker angeht, er weiss eben nur das davon, was er fühlt und was sich an das Fühlen von anderen Wahrnehmungen, Erscheinungen, asso-

Dies ist der einfachste und der durchaus nothwendige Begriff des Körpers, wie er durch die Synthesis unseres Wesens erzeugt wird, welche immer aufs Ganze geht und aus dem Mannichfaltigen der Erscheinung abgeschlossene Gegenstände der Erfahrung macht. Dieser Begriff von Körpern muss also kraft der Natur unserer psychophysischen Anlagen nothwendig unserer Naturerklärung zu Grunde gelegt werden. Da aber über die Grösse solcher Körper nichts festgesetzt ist, so ist unser Vorstellen zwar gezwungen, den Begriff stetig erfüllter Räume als Grundlagen einer Körperwelt im Raum zu bilden, andererseits aber in den Stand gesetzt, die Grösse dieser Körper so zu wählen, als es zur Erklärung einer Erscheinung (Begreifen der Veränderung der Körper) nothwendig wird. Es existirt demnach für unsere Naturauffassung nothwendig eine Vielheit von beliebig kleinen, stetig erfüllten, undurchdringlichen Raumthei-

---

ciirt und gesetzlich möglicherweise unter anderen Umständen daran associiren kann, und was aus der Gesammtheit davon abstrahirbar und nach der Gesammtheit davon erschliessbar ist; auf nichts weiter bezieht sich die Physik; in diesem Kreise ist und bleibt ihre Aufgabe eingeschlossen; hierin will sie so orientirt sein und orientiren, dass jede gegebene Erscheinung der Totalität wirklicher und möglicher Erscheinungen nach Gesichtspunkten der Verwandtschaft, des Zusammenhangs und der Auseinanderfolge eingeordnet werden könne, und wenn die erscheinlichen Bedingungen gegeben sind, die erscheinlichen Folgen danach vorausgesehen werden können." — Vorzüglich! Alles, was hier von der Physik gesagt ist, können wir unmittelbar für die Philosophie unterschreiben. Fechner steht hier völlig auf dem Standpunkte des Kriticismus, wie die Physik überhaupt, wovon uns ein Blick in eins der verbreitetsten Lehrbücher, z. B. in Wüllner's Experimentalphysik, überzeugen kann! Es ist also nichts nöthig, als dass die Physik dieser ihrer erfahrungstheoretischen Grundlage sich bewusst werde und insbesondere ihrer Beschränkung auf das Reich der Phänomene. Physikalische Theorie der Materie ist naturgemäss kritische, und darin liegt zugleich eine Gewähr, dass dieser Kriticismus nicht Idealismus ist. Man denke nur immer daran, dass wir wirklich durch eine transcendente Welt hindurch auf uns selbst wirken können; aber man denke auch daran, dass diese transcendente Welt in der Form, in der wir etwas von ihr wissen, nur Vorstellung ist, und man wird die Gefahr des Realismus und Materialismus ebenfalls von der Physik abgewendet haben. Ueber die Methode vergl. insbesondere Fechner a. a. O. S. 109. Aehnliche Bemerkungen bei W. Tobias. Grenzen der Philosophie etc. Berl. 1875. S. 40.

len[1]), welche zwischen sich andere Raumtheile haben, die für unsere Naturauffassung nicht erfüllt sind und als das oben bezeichnete Leere erscheinen. So entsteht der Begriff des Atoms. Das Atom ist also ein nothwendiges Erzeugniss des kritischen Begriffs von Raum und Stoff, und das soll im Folgenden näher erörtert werden.

Es ist vielleicht nicht überflüssig noch einmal darauf aufmerksam zu machen, dass wir es bei unserer Darlegung nur mit einer phänomenalen Atomistik zu thun haben. Auch die Atome sind nur Erzeugnisse unserer durch eine transcendente Welt hindurch wirkenden Organisation und insofern phänomenal; es wäre durchaus unstatthaft hier den Sprung ins Transcendente machen und die Atome als Dinge an sich ansehen zu wollen, aus denen die Welt der Noumena sich aufbaue. Aber innerhalb der Welt der Phänomena — und eine andere Welt giebt es für die Naturwissenschaft überhaupt nicht —, innerhalb dieser unserer empirischen Welt hat das Atom eben so viel Realität wie der Raum und die Materie überhaupt; denn der Begriff desselben ergiebt sich unmittelbar aus dem von Raum und Stoff, und der Unterschied ist einzig der, dass jeder der Menschen letztere Begriffe bilden muss, den Begriff des Atoms aber nur der, welcher in dem Gewirr der Körperwelt sich wissenschaftlich zu orientiren sucht.

Es finden sich zunächst ihrem Begriffe nach stetig erfüllte Räume vor; es finden sich dazwischen aber auch nicht erfüllte Räume, d. h. Etwas, z. B. ein Theil von uns, kann zwischen dieselben gebracht werden — wir können erfüllte Räume von einander trennen. Das ist etwas wesentlich Anderes als eine Theilung. Die Theilung kann immer vollzogen gedacht werden, die Trennung erfordert ausser dem zu Trennenden noch ein Trennendes, das selbst Körper, nicht nur eine Fläche

[1]) Bei dem Worte, „Raumtheile“ denke man nicht daran, dass diese „Theile“ durch Theilung eines „Ganzen“ entstanden sind. Vielmehr sind es „Ganze“ für sich, aus welchen erst der umfassende Begriff eines allgemeinen Raumes sich entwickelt hat. Vielleicht hätten wir besser „Raumelemente“ gesagt; doch auch dies hat einen Doppelsinn.

von zwei Dimensionen etwa ist; sie fordert also einen beweg- baren, stetig erfüllten Raum (Theil des Raumes). Hier tritt der Unterschied zwischen Raum und Körper, zwischen Mathematik und Physik hervor. Der Raum ist seinem Begriffe nach stetig, homogen. In gleicher Weise wird der Begriff des Körpers als eines stetig erfüllten, widerstandleistenden, undurchdringlichen Raumes erzeugt. Aus der Gesammtheit der Körper setzt sich der Begriff der Materie zusammen. Der Raum aber ist seinem Begriffe nach nur theilbar, nicht trennbar, er ist ein Continuum; die Materie ist ihrem Begriffe nach nothwendig getrennt, kein Continuum; denn der Begriff des Körpers ist für uns absolut unmöglich denkbar, er kann gar nicht entstehen, ausser durch die Vorstellung eines in sich Abgeschlossenen, Begrenzten. Die Summe dieser Körper heisst Materie. Die so als begrenzt erkannten Körper (die nur Körper sind, weil wir sie als begrenzt erkennen) sind nun, wie eine weitere Erfahrung lehrt, noch weiter trennbar. Wie aber ist das möglich, da sie doch stetig erfüllt und undurchdringlich erscheinen? Offenbar nur so, wie die Materie überhaupt trennbar ist, d. h. dadurch, dass sie schon aus trennbaren Theilen bestehen. Wir können ihre Trennbarkeit nicht begreifen, wenn wir nicht die abgetrennten Theile vorher als in sich abgeschlossene Körper begriffen haben. Und hierbei gehen wir weiter bis zum Atom, d. h. bis zu einem Körper, welchen wir nicht weiter trennen; nicht, weil seine Trennbarkeit dem Begriffe nach unmöglich wäre (denn damit verhält es sich hier nicht anders als bei jedem Ganzen), sondern weil seine Zusammensetzung aus kleinerem Ganzen nicht nothwendig ist; weil wir den Atombegriff nur bilden als ein nothwendiges Erzeugniss unseres Raum- und Stoffbegriffs, der ein geschlossenes Ganze verlangt. Dabei handelt es sich nicht, wie man sieht, um ein Fortgehen vom Ganzen zum Theile, sondern vom Ganzen zum Ganzen. Wie weit und mit welchem Rechte sich dieser Process fortsetzt, werden wir im Folgenden noch näher sehen. Wir erzeugen einen beliebigen Ort (Punkt) im Raume, indem wir in dem continuirlichen Raume fortgehen bis zu diesem Punkte und

dort das weitere Fortschreiten anhalten. Wir erzeugen das Atom im Stoffe, indem wir in der discontinuirlichen Materie fortgehen bis zu einem genügend kleinen Körper (wobei wir die Materie eben so wenig zerlegen, wie beim Fortgehen im Raume den Raum; sondern wir suchen nur unter den vorhandenen phänomenalen Körpern die genügend kleinen heraus; wir erzeugen ja erst die Körper wie den Raum). Dort halten wir an, um denselben als Element unserer Weltconstruction zu Grunde zu legen.

Wenn man sich diese Entstehungsart des Atombegriffs klar macht, so erscheint es nicht recht erklärlich, wie so W. Goering dazu kommt, Einwürfe gegen die Atomistik zu erheben [1]. Sie sind allerdings gegen eine transcendente Atomistik gerichtet, nicht gegen eine phänomenale, wie es die unsere ist. Aber es gewinnt den Anschein, als sei selbst eine phänomenale Atomistik nach Goering nicht zulässig, und wir müssen uns deshalb mit ihm über diesen Punkt auseinandersetzen. Man höre Folgendes:

„Erfüllte Räume können nicht in einander gehen. Wir sagen, es ist dies selbstverständlich für die phänomenale Welt, denn wir haben ja begrifflich die erfüllten Räume selbst erst wieder von einander gesondert und dadurch auch sicherlich mit Hülfe unseres transcendenten R_a einen realen Weltfactor nachconstruirt. Allein zwischen dieser phänomenalen relativen Construction und dem Schritte, dass wir vom Ganzen zu den Theilen abwärts gehen, ist eine ungeheure Kluft. Wir haben dann den Gegensatz der absolut undurchdringlichen Räume gegen die leeren Räume."

„Um sich vor dem dann unentrinnbar folgenden unendlichen Processe und dem Nichts, zu dem er eigentlich führt, zu retten, statuirt man die absolute Untheilbarkeit und Festigkeit der Atome; der Sprung aus unserer transcendentalen Aussenwelt in die transcendente ist geschehen. Der Widerspruch ist da: das, was für unsere phänomenale Körperwelt seine gute und

---

[1]) A. a. O. S. 231, 232, 258, 259.

ganz widerspruchslose Geltung hat, da es nur Veränderungen von Zuständen in uns, ob zwar in unserem transcendentalen Raume betrifft, soll nun für das Transcendente nicht mehr gelten, obwohl dieses uns unter dem Bilde jenes, nach Analogie mit der phänomenalen Welt vorgestellt ist und auch nur vorgestellt werden kann."

Nun, wir haben gezeigt, dass wir die absolute Untheilbarkeit und Festigkeit der Atome constituiren mussten, und es ist damit durchaus kein Uebergriff ins Transcendente geschehen, sondern die Synthesis, welche unsere phänomenale Welt erzeugt, zwang uns dazu. Wir wiederholen nur denselben Process der „Construction", indem wir den Begriff des Atoms bildeten, welchen wir schon bei der Construction des Körpers durchgemacht haben. Das soll aber nur eine „phänomenale, relative" Construction sein. Und dies ist sie auch sicherlich. Den Begriff des Relativen fassen wir dabei in dem Sinne einer möglichen Ausdehnung unserer Erfahrung. Wir geben allerdings selbst zu, dass man dasjenige, was wir heut Atom nennen, vielleicht später einmal als aus noch kleineren Atomen zusammengesetzt betrachten wird. Damit ist aber an der absoluten Gültigkeit einer Atomistik durchaus nichts geändert. Denn, wie gesagt, die Relativität des Atombegriffs gilt nur für einen Fortgang in einer etwa noch möglichen Erfahrung. In einem bestimmten Momente unserer Erfahrung besitzt aber das Atom jedesmal die Eigenschaften der absoluten Untheilbarkeit und Solidität, und aus diesen heraus müssen die Erscheinungen der Körperwelt erklärt werden. Dies ist so zu verstehen: Wir stellen keine Grenze fest, wo diese Untheilbarkeit einzutreten habe; hierüber hat vielmehr das Bedürfniss der Specialwissenschaft zu entscheiden; wir stellen aber fest, dass sie an irgend einer Stelle eintreten muss — nicht um einen unendlichen Regress zu vermeiden, sondern als eine Folge unserer auf abgeschlossene Ganze gehenden Synthesis in der Bildung des Stoffbegriffs und als ein nothwendiges Erforderniss der Naturerklärung. Ein Regress in infinitum liegt hier also nicht vor, wohl aber ein Regress in indefinitum, den

wir aber sofort unterbrechen, wenn wir mit Hülfe der erlangten Kleinheit abgeschlossener, voller Körperchen im Stande sind, die Naturerscheinungen zu erklären.

Hier könnte es nun freilich scheinen, als ob Goering Recht hätte, wenn er meint, dass die Atome doch wieder nur „kleine Körper mit denselben Eigenschaften der grossen seien."

Dieser grosse Irrthum bedarf um so mehr der Berichtigung, als er sich merkwürdiger Weise selbst im Munde berühmter Physiker findet. Wenn Helmholtz sagt [1]):

„Ueber die Atome in der theoretischen Physik sagt Sir W. Thomson sehr bezeichnend, dass ihre Annahme keine Eigenschaft der Körper erklären kann, die man nicht vorher den Atomen selbst beigelegt hat;" und wenn er dann diesem Ausspruch selbst beipflichtet, so erscheint dies bei einem so streng denkenden Forscher wie Helmholtz fast unbegreiflich. Sicherlich kann man aus dem Zusammenwirken von Atomen Eigenschaften von Körpern erklären, die eben jenen nicht zukommen, und zwar gerade solche, sonst brauchte man wirklich keine Atomistik. Es käme uns anmaassend vor, wollten wir einem Helmholtz gegenüber hier auf physikalische Beispiele verweisen. Was vielleicht zu jener Aeusserung Veranlassung gab, mag der Gedanke sein, dass man auch die Atome wieder elastisch annehmen müsse. Es wird sich aber zeigen, dass dies durchaus nicht der Fall zu sein braucht, und unsere Arbeit wird hoffentlich den Nachweis zur Genüge führen, dass sich durchaus kein Grund anführen lässt, warum man den Atomen die Eigenschaften der Körper zuschreiben müsse. Natürlich kann man nicht „aus rein hypothetischen Annahmen über die Atome eine Physik aufbauen", aber man kann gewisse Grundeigenschaften angeben, welche den Atomen der Natur unseres Erkennens nach zukommen müssen und daher von der Physik ihren weiteren Hypothesen über die Eigenschaften der Materie zu Grunde zu legen sind. Das Atom er-

---

[1]) Rede zum Gedächtniss von Gustav Magnus. Berl. 1871. — F. A. Lange, Gesch. d. Mat. II, S. 210.

giebt sich so als eine nothwendige Abstraction aus dem Begriffe des Körpers.

Um nun die Unterschiede in den Eigenschaften der Atome und der Körper hervortreten zu lassen, mache man sich vor allen Dingen den sehr weiten Begriff der Eigenschaften klar. Die Eigenschaften sind diejenigen Wahrnehmungen, welche den Begriff des Körpers constituiren. Die Atome werden natürlich nur diejenigen Eigenschaften haben, welche zur Construction eines phänomenalen Körpers gerade ausreichen, vorläufig nicht mehr und nicht weniger. Das ist aber ausser der Figur zunächst nur die absolute Raumerfüllung, die Solidität oder Undurchdringlichkeit. Diese Eigenschaft construirt mit dem Raumbegriffe zugleich den des Körpers, und solche Körper müssen wir nothwendig erzeugen. Alle übrigen Eigenschaften aber gehören nicht nothwendig zum Begriffe des Körpers, wir nehmen sie nicht an allen Körpern wahr und erzeugen überhaupt den Begriff des Körpers nicht durch sie, sondern lediglich durch die Wahrnehmung des Undurchdringlichen. Eigenschaften, wie Elasticität, Aggregatzustand, Trennbarkeit u. s. w. müssen eben aus jenen wenigen Grundeigenschaften erklärt werden können. Denn nur solche Eigenschaften der Körper können durch die Atome und ihre Bewegung (wovon später) erklärt werden, welche den Atomen selbst nicht zukommen. Das ist ja der Begriff der Erklärung, dass wir die Mannichfaltigkeit der Erscheinungen auf möglichst wenig einfache, unserem Erkennen nothwendig anhaftende Vorstellungen zurückführen. Und dies geschieht eben durch Einführung des Atombegriffs.

Der Vorgang ist also dieser. Durch die Verschmelzung der Sphären unserer Sinnlichkeit entsteht in uns die Erfahrung von einer Körperwelt mit den mannichfachsten Eigenschaften. Um diese uns verwirrende Mannichfaltigkeit zu erklären construiren wir eine Körperwelt in verkleinertem Maassstabe; und zwar geschieht diese Construction nach denselben unserer ganzen Anlage nach nothwendigen Gesetzen wie die Construction der Sinnenwelt, denn wir haben nur eine Art und Weise den Begriff von Körpern zu erzeugen. Bei dieser Construction aber

beschränken wir uns auf diejenigen Elemente, welche zu derselben durchaus nöthig sind, mit Fortlassung aller Erfahrungen, welche sich nicht auf alle Körper in gleicher Weise beziehen. Und dadurch eben gelingt es, jene besonderen aus den allgemeinen zu erklären.

So wird z. B. die Eigenschaft der Trennbarkeit (von der Elasticität können wir erst später handeln) dadurch erklärt, dass wir die Körper als aus bereits getrennten, an sich untrennbaren Theilen (richtig zu verstehen! S. 29, 31) bestehend auffassen. Das ist aber eine Erklärung, denn es ist eine Zurückführung auf eine unmittelbare Thatsache unseres Bewusstseins, welche dem Begriffe der Körperwelt überhaupt zu Grunde liegt. Dass wir nämlich die Körper als trennbar auffassen, geschieht nicht durch ein Fortgehen vom Ganzen zum Theile — denn unsere Synthesis geht, wie schon wiederholt gesagt, immer nur aufs Ganze — sondern dadurch, dass wir es nie mit dem Singular, sondern immer mit dem Plural, immer schon mit einer Mehrzahl von Körpern zu thun haben. Den Begriff eines einzelnen Körpers können wir überhaupt gar nicht bilden, da der Begriff des Körpers immer nur durch Berührung zu Stande kommt; hierzu gehören aber nothwendig zwei Körper, von denen der eine ein Theil unseres Körpers ist. Es wird also immer zugleich der Begriff von wenigstens zwei Körpern erzeugt. Dasselbe muss nun von den Atomen gelten, deren Begriff auf keine andere Weise entstehen kann als durch Nachconstruction des Körperbegriffs, und so ergiebt sich, dass es geradezu sinnlos ist, von einem einzelnen Atome als etwas für sich allein Existirendem zu reden. Darauf kommen wir noch zurück (s. weiter unten). Schon hieraus erhellt, dass W. Goering's Vorwurf, jedes Atom, welches die Physiker ersinnen, sei ein unlösbares metaphysisches Problem, weil man kraft des Raumbegriffes immer über dasselbe hinaus müsse, für unsere Atomistik durchaus hinfällig ist. Thatsächlich ersinnt ja auch kein Physiker ein einzelnes Atom; mit der Gesammtheit der Atome aber steht es nicht anders als mit der Gesammtheit der Körper. Jedoch davon später.

So unterscheiden sich denn die Atome von den Körpern dadurch, dass letztere in Theile zerlegbar sind, erstere ihrem Begriffe nach nicht mehr; dass die Theile der Körper verschiebbar sind, die (mathematisch gedachten) des Atoms nicht. Das Atom ist der einfachste Körper, der denkbar ist; und da über die Grösse solcher Körper nicht unmittelbar entschieden werden kann, so nehmen wir sie als so klein an, als es die Gesammtheit der wissenschaftlichen Erfahrung zur Erklärung der Phänomene erfordert. Und dies ist der kritische Begriff des Atoms.

Die Undurchdringlichkeit, Untheilbarkeit, Starrheit desselben rührt nicht direct her von irgend welchen Eigenschaften einer noumenalen Welt, von der wir ja nur die Beziehung auf unsere Sinnlichkeit kennen, das Atom ist so wenig ein Ding an sich wie der Raum und die Materie; aber so gut wie wir den Raum nothwendig als dreifach ausgedehnt, die Materie als in demselben beweglich und undurchdringlich im Begriffe erzeugen, ebenso nothwendig erzeugen wir den Begriff von einem phänomenalen Gegenstande, welcher in all den wandelbaren Formen und Qualitäten der Körperwelt untheilbar, undurchdringlich und unverändert bleibt, erzeugen wir den Begriff des Atoms als einen Grundbegriff alles physikalischen Denkens.

Die Erzeugung eines solchen Grundbegriffs könnte nun vielleicht Manchem überflüssige Mühe scheinen. So sagt W. Goering (S. 232): „Phänomenal bemerkt man das, was man Theilbarkeit der Körper und das Eindringen des einen in den anderen nennt. Damit hat es offenbar auf phänomenalem Gebiete nicht die geringste Schwierigkeit.“

Wie so? Nicht die geringste Schwierigkeit — d. h. so viel, als für den Wilden hat es nicht die geringste Schwierigkeit, dass am Morgen die Sonne auf- und am Abend wieder untergeht. Es hat nicht die geringste Schwierigkeit einzusehen, dass über eine gewisse bunte Fläche sich gewisse anders gefärbte Umrisse bewegen, von denen wir etwa die erstere eine Landschaft und die letzteren einen Eisenbahnzug nennen.

Denn es ist so, es ist ja Alles nur phänomenal. Wohl! Aber soll denn die phänomenale Welt nicht erklärt, nicht auf einfache Grundbegriffe zurückgeführt werden? Genügt es dem bunten Bilderwechsel im Sehraum zuzuschauen, die Reihe der Sinneseindrücke einfach zu erfahren? Soll nicht eben dieselbe geordnet werden nach bestimmten Principien und heisst das nicht Erkennen? Freilich, Alles phänomenal! Aber auch in der phänomenalen Welt müssen die Eigenschaften derselben erforscht, d. h., durch Maass und Zahl auf gewisse Grundbegriffe zurückgeführt werden. Und dazu giebt es nur ein Mittel, die Atomistik.

Hier aber wird uns nun entgegnet:

Wenn die Mathematiker nur mit Volumelementen oder Kraftcentren rechnen, wenn die Physiker und Chemiker es vermeiden, über die Natur des Atoms sich klar zu werden und sich mit der Betrachtung der aus Atomen zusammengesetzten Molekeln begnügen, wenn die Philosophen beweisen, dass die Atome doch auch nur phänomenal sind, also doch auch nicht das tiefste Weltgeheimniss enthüllen — was soll uns noch die Atomistik? Warum lassen wir nicht der Mathematik, der Physik und der Chemie, einer jeglichen ihre Hypothesen? Kann es sich ja doch in einer phänomenalen Welt immer nur um eine möglichst gute Beschreibung handeln, da uns der eigentliche Weltlauf unerklärt bleibt! Wozu also die Atome?

Und die Antwort lautet:

Weil das Erkenntnissbedürfniss der Menschheit auf den Aufbau einer Wissenschaft hindrängt; weil fast Alles, was die einzelnen Hülfswissenschaften der Weltwissenschaft geleistet, bis jetzt erst Aufbau des Gerüstes ist, das einst zum grossen Theil fortfallen dürfte; weil es Naturwissenschaft nur geben kann als eine einheitliche; weil eine einheitliche Naturwissenschaft die Einheit der Grundanschauungen voraussetzt; weil die empirische Welt, als unsere einzige Welt, in sich ihre Erklärung fordert aus den empirisch gewonnenen Elementen durch jene einheitliche Naturwissenschaft innerhalb der Grenzen der

Phänomene; und weil wir hierzu eines einfachen Grundbegriffes bedürfen, der als Element dieser Erklärung dient. Dieser Grundbegriff aber muss fliessen aus der innersten Natur unseres Wesens, aus der Art und Weise, wie wir nothwendig die Welt in Zeit und Raum und Stoff auffassen. Dann enthält er zugleich die anschaulichste Vorstellung und die einzig mögliche Erklärung. Aber nur im Begriffe des Atoms finden wir denselben; hier haben wir den einfachen und anschaulichen Grundbegriff, auf welchen alle Veränderungen der Körperwelt als auf das Substrat der Veränderungen, auf ein Beharrendes als ein Postulat unseres Denkens zurückzuführen sind. Die Atome sind als nothwendige Grundsteine unserer empirischen Welt der Naturwissenschaft so nöthig — aber auch sicher —, wie der Geometrie die Elemente des Raumes, wie der Arithmetik die Zahl; sie sind nicht mehr Gegenstand einer „Hypothese von sehr grosser Wahrscheinlichkeit", sondern ein so sicherer Besitz der Physik, wie ihn die Mathematik in ihren Axiomen vom Raume hat. Das Atom ist nicht nur, wie Liebmann[1]) meint, „Rechenmarke der Theorie", sondern gerade eine „allgemeine philosophische Kategorie." Und so bestätigt sich denn die Vermuthung F. A. Lange's[2]), dass die atomistische Vorstellungsweise aus den Principien der Kant'schen Erkenntnisstheorie sich deduciren lasse. „Denn die Wirkungsweise der Kategorie in ihrer Verschmelzung mit der Anschauung geht stets auf Synthesis in einem abgeschlossenen, also in unserer Vorstellung von den unendlichen Fäden alles Zusammenhanges abgelösten Gegenstandes. Bringt man die Atomistik unter diesen Gesichtspunkt, so würde die Isolirung der Massentheilchen als eine nothwendige physikalische Vorstellung erscheinen, deren Gültigkeit sich auf den gesammten Zusammenhang der Welt der Erscheinungen erstreckte, während sie eben doch nur der Reflex unserer Organisation wäre: das Atom wäre eine

---

1) Zur Analysis der Wirklichkeit. Strassb. 1876. S. 296. — Obwohl wir wie Liebmann den relativen Unendlichkeitsbegriff hervorheben, kommen wir gerade zu entgegengesetztem Resultat. Darüber noch mehr weiter unten, S. 44. — 2) Gesch. d. Mat. 2. Aufl. II, S. 211.

Schöpfung des Ich, aber gerade dadurch nothwendige Grundlage aller Naturwissenschaft."

In der That, die Erklärung der phänomenalen Welt aus den Grundsätzen einer rationellen Atomistik muss gelingen, weil beide nur Producte unserer eigensten menschlichen Natur und aus demselben unserer Weltauffassung zu Grunde liegenden geheimen Quell entsprungen sind. Jeder Fortschritt der mathematischen Naturwissenschaft in dieser Richtung bringt eine neue Bestätigung unserer Ansicht und des Kriticismus überhaupt.

Andererseits müssen sich aus dem kritischen Begriff des Atoms bis zu einem gewissen Grade die Eigenschaften desselben ergeben, wenn man jenen zusammenbringt mit den zu erklärenden Thatsachen der Erfahrung, und es müssen die Widersprüche sich lösen, welche man im Begriffe des Atoms hat finden wollen und auf unkritischem Boden auch hat finden müssen.

IV.

Vertheidigung des phänomenalen Atoms.

Bevor wir auf eine Untersuchung der Eigenschaften der Atome als nothwendige Erzeugnisse des physikalischen Denkens näher eingehen, wollen wir nur noch eine Bemerkung über die Natur dieser Untersuchung einschalten. Dieselbe hat den Zweck, den manchem empirischen Physiker vielleicht aufsteigenden Argwohn zu beseitigen, als wollten wir uns anmaassen, Physik aus reinen Begriffen zu construiren und in die Bahnen einer unseligen Naturphilosophie zu lenken. Es handelt sich nur darum, die empirischen Ergebnisse der Naturwissenschaft von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus zu begreifen, d. h. sie auf einfache, der unmittelbaren Anschauung entnommene Vorstellungen zurückzuführen. Diese Vorstellungen können sich auf Gegenstände oder auf Vorgänge beziehen; im letzteren Falle heissen sie Naturgesetze, und die Form dieser Vorstellungen ist bedingt durch die Natur unserer Sinnlichkeit und unseres Verstandes, vermöge deren wir überhaupt erst die Vorstellung einer Welt ausser und um uns erschaffen. Insofern wir uns solcher Vorstellungen nur in Folge einer Afficirung unserer Sinnlichkeit durch Dinge ausser uns bewusst werden können, sind sie sicherlich *empirisch*; insofern sie aber ihrer Form nach durch die Natur unserer Sinnlichkeit bedingt sind, sind sie nicht *rein* empirisch. Kennen lernen können wir die

Gesetze, welche unsere Erfahrung bedingen, nur wieder durch Erfahrung. Ist dies aber geschehen, so können wir bis auf einen gewissen Grad allgemeine Begriffe angeben, zu denen uns der Erfahrungsstoff kraft unserer Organisation immer wieder führen wird. Ein solcher Begriff ist zunächst der des Atoms, und wir kommen auf dies Verhältniss von empirischen und aprioristischen Elementen näher zurück, wenn wir von den Bewegungen der Atome handeln werden.

„Die Möglichkeit der Erfahrung überhaupt", sagt Kant [1]), „ist zugleich das allgemeine Gesetz der Natur, und die Grundsätze der ersteren sind selbst die Gesetze der letzteren. Denn wir kennen Natur nicht anders als den Inbegriff der Erscheinungen, d. i. der Vorstellungen in uns, und kennen daher das Gesetz ihrer Verknüpfung nirgend anders als von den Grundsätzen der Verknüpfung derselben in uns, d. i. den Bedingungen der nothwendigen Vereinigung in einem Bewusstsein, welche die Möglichkeit der Erfahrung ausmacht."

Nun ist freilich zu bemerken, dass diese „Grundsätze der Verknüpfung" auch nur in ihrer Anwendung zu studiren sind. Es giebt aber Wissenschaften, für welche dieselben ein für allemal feststehen, so dass für dieselben zugleich alle Erfahrung, welche bei der gegenwärtigen Organisation des Menschen überhaupt möglich ist, für ihren Gegenstand erschöpft ist. Eine solche Wissenschaft ist die Mathematik; sobald der Begriff der Grösse und der des Raumes in seiner Eigenthümlichkeit erzeugt ist, kommt für ihr Material kein Element der Erfahrung hinzu, das nicht schon vorhanden wäre [2]). Die Combinationen dieser Elemente sind jedoch keineswegs erschöpft, sie können aber jetzt ohne jede weitere Erfahrung, d. h. rein deductiv erzeugt werden. — Anders ist es mit einer Wissenschaft, welche sich mit der Welt der Körper beschäftigt. Der Begriff der Körperwelt wird zwar psychologisch gleichzeitig mit dem des

1) Prolegomena z. j. künft. Metaphysik. Riga, 1783. S. 111.

2) Vergl. die eingehende Untersuchung von B. Erdmann a. a. O, S. 167 u. f.

Raumes erzeugt, an ihm haftet aber die unübersehbare Mannichfaltigkeit der zu combinirenden Elemente unserer Sinnesempfindung. Die Abstraction von letzteren, soweit sie möglich ist, schafft uns wohl die Welt der Atome — und deswegen ist für diese auch in gewissem Sinne eine deductive Behandlung zulässig — nicht aber die Körperwelt der Physik. Diese muss immer aufs Neue empirisch erzeugt werden, und bei der Anzahl der durch sie gegebenen Sinnesempfindungen ist es gar nicht abzusehen, ob es hier ein Ende der möglichen Erfahrung giebt. Bestimmt ist nur die allgemeine Form, in welcher wir die Begriffe der Körperwelt zu combiniren haben, nämlich in der Form bewegter Materie; daher ist auch Mechanik deductiv; insofern aber jene Combinationen der Wirklichkeit der Sinne gegenübertreten, lässt sich durchaus nicht von vornherein feststellen, welche Combinationen wir zu bilden haben und zu welchen neuen Begriffen etwa eine weitergehende Erfahrung uns noch führen könne. Naturwissenschaft ist also wesentlich inductiv. Naturwissenschaft und Mathematik haben beide gewisse Grundgesetze, die als in unserer eigenen Natur wurzelnd, unveränderlich sind. In der Mathematik ist aber mit denselben, wie W. Wundt[1]) es treffend ausdrückt, zugleich eine vollständige Tafel der Definitionen gegeben; in der Naturwissenschaft fehlt dieselbe. Die Definitionen der Naturwissenschaft sind nur empirisch zu verschaffen. Das Ziel der Wissenschaft ist aber, diese Tafel der Definitionen vollständig herzustellen, und sollte dasselbe jemals wirklich erreicht werden, so wäre damit die Möglichkeit gegeben, nun auch die gesammte Naturwissenschaft rein deductiv zu behandeln, wie es für einzelne Theile derselben bereits annähernd möglich geworden ist.

Es entsteht nun die wichtige Frage, welches diejenigen Grundbegriffe der Physik seien, die wir nach den Bedingungen unserer Synthesis, d. h. der nothwendigen Vereinigung der Erscheinungen in unserem Bewusstsein, bilden müssen und welche

---

[1]) Die physikalischen Axiome etc. Erlangen, 1866. S. 3.

darum als Grundlagen jeder Physik anzusehen sind. Wir haben neben dem Raum- und Zeitbegriff bis jetzt den des Atoms als einen solchen kennen gelernt, und gehen nun zu einer näheren Betrachtung desselben über.

Es hat sich ergeben, dass wir nur ganze, solid zusammenhängende Körper im Begriffe erzeugen können, und dass wir daher diese Körper zur Erklärung der Naturerscheinungen beliebig klein annehmen dürfen.

Andererseits aber müssen wir auch, wenn es sich um eine bestimmte Erklärung handelt, bei einer definitiven Kleinheit stehen bleiben, ohne welche wir jede Anschaulichkeit aufgeben würden. Wenn wir sagen „beliebig klein", so heisst das nur, wir müssen es der physikalischen Forschung überlassen, ob sie die kleinsten Atome dem Durchmesser nach zu $\frac{1}{10^{10}}$ oder $\frac{1}{10^{100}}$ Millimeter annehmen will; für jedes Atom oder Unteratom eines Stoffes muss aber eine bestimmte Grenze der Kleinheit festgesetzt sein, welche nicht überschritten werden darf und im Continuum der Naturwissenschaften constant ist. Nur komme man nicht mit „unendlich kleinen" Atomen; nichts vermag den Standpunkt so zu verrücken und zu verwirren als die Hineinziehung eines gänzlich unzulässigen Unendlichkeitsbegriffes in unsere Frage. Etwas „Unendlichkleines" existirt überhaupt nicht in der Erfahrung; die Atome sind aber durchaus Gegenstände der Erfahrung, wenn auch nicht unmittelbar durch sie gegebene, so doch auf dieselbe Weise wie alle Erfahrung aus den Daten der Sinnlichkeit erzeugt. So kann aber immer nur der Begriff eines Körpers entstehen, eines noch in drei Dimensionen ausgedehnten erfüllten Raumes, niemals aber der Begriff eines Massenpunktes, punktuellen Atoms oder gar „Kraftpunktes." Nun glaube man nur ja nicht, dass man etwa um Naturerklärung zu ermöglichen irgendwo die weitere Trennbarkeit der Materie abbrechen müsse! Das wäre allerdings willkürlich, wenn wir wirklich eine Theilung oder Trennung der real vorhandenen Materie vornähmen. Aber so ist es ja gar nicht! Vielmehr ist jeder dieser sogenannten Theile für uns ein

Ganzes, und wir fassen die Materie auf als den Inbegriff lauter ganzer (recht kleiner) Körper, welche nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch den Namen „kleinste Theile", „Atome" führen; d. h., wir erzeugen sie als solche kraft der Synthesis unseres Bewusstseins durch den Gebrauch unserer Sinne in der Anschauung wie im Begriffe. Es zeigt sich also, dass es sich gar nicht um eine Theilung handelt, sondern um einen Vorgang, wie wir ihn S. 33 geschildert haben. Wir bemerken, dass wir uns in einer Welt von soliden Körpern befinden und haben uns klar gemacht, wie wir zur Erzeugung des Begriffs solcher Körper gekommen sind. Bei weiterem wissenschaftlichen Studium dieser Welt zeigt es sich, dass dieselbe manche Eigenschaften besitzt, welche erklärt sein wollen, aber bei dem rohen Begriff von Körpern, wie wir ihn allein durch die alltägliche Erfahrung erhalten, unerklärt nebeneinander bestehen bleiben. Nun haben wir aber keine andere Anschauung als die durch unsere Sinne, gar keine andere Möglichkeit, uns eine Welt zu erschaffen, als wieder auf dieselbe Weise. Wir können aber unsere Sinnesauffassung — so zu sagen quantitativ — verfeinern und beschränken, wir können eine Welt in viel kleinerem Maassstabe nachbilden, deren Körper nur die zu ihrem Begriffe durchaus nothwendigen Eigenschaften besitzen — und dies ist die Welt der Atome, welche daher zur Erklärung der Körperwelt dienen kann.

Freilich müssen wir darauf bedacht sein, dass wir die Wiederholung dieser Weltconstruction — welche übrigens ihrem Grundcharakter nach a priori bestimmt ist — so einrichten, dass wir aus der erhaltenen Atomwelt nun auch wirklich eine vollständige Erklärung der uns bekannten Naturerscheinungen liefern können. Diese Erklärung ist dann eine völlig ausreichende. Man könnte glauben, dass dieselbe nur eine provisorische oder eine willkürliche sei, insofern man sich immer das Hinterpförtchen der Annahme noch kleinerer Atome offen halte; aber dies geschieht nur insofern, als eine künftige Erfahrung vielleicht noch Thatsachen enthüllt, welche wir noch nicht kennen. Es versteht sich wohl von selbst, dass eine Erfahrungswissenschaft

auch nur verpflichtet ist, das ihr Bekannte zu erklären, und wir haben bereits wiederholt anerkannt, dass wir die Bestimmung der Atomgrösse lediglich für eine Aufgabe der Erfahrungswissenschaften halten. Spätere Jahrtausende mögen sich vielleicht genöthigt sehen, noch einen Schritt weiter zu gehen, als wir es heute nöthig haben — aber die Frage nach der Grösse der Atome bleibt eine praktische, keine principielle. Principiell ist nur der Charakter der atomistischen Naturerklärung, und dieser bleibt derselbe, so lange die menschliche Organisation dieselbe bleibt. Gerade dies betonen wir: Die Wissenschaft einer bestimmten Epoche muss bei einer bestimmten Gruppe der Atomsysteme, welche man sich in einander geschachtelt denken kann, Halt machen — oder richtiger beginnen — und Alles, was zu erklären ist, aus dieser erklären. Dann, und nur dann wird das Problem nicht verschoben, dann und nur dann wird eine genügende und anschauliche Erklärung geliefert. Ein Regress ins Unendliche ist — als Regress — zwar gestattet, ja die Relativität unseres Grössenbegriffs führt sogar nothwendig auf einen solchen, wie wir anderweitig erörtert haben [1]). Von

[1]) Ein Beitrag zum kosmologischen Problem und zur Feststellung des Unendlichkeitsbegriffs. Vierteljahrsschrift für wissensch. Philos. Herausg. von R. Avenarius. Leipz. 1. Bd. S. 329 ff. Bei der Absendung dieses Aufsatzes (Nov. 1876) kannte ich die Zöllner'sche Abhandlung (12. Febr. 1876) „Ueber die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen“ leider noch nicht, ich hätte dieselbe sonst erwähnt, als ich auf die analogen Grössenverhältnisse zwischen Molecular- und Weltsystemen aufmerksam machte (S. 349, 357). Ich habe jedoch diese Betrachtung bereits früher bei Gelegenheit eines populären Aufsatzes angestellt. (Schlesische Zeitung, 23. u. 24. Nov. 1875.) — In Bezug auf die Bemerkung zu meiner Abhandlung von W. Wundt (Vierteljahrsschrift für wissensch. Philos. 1. Bd. S. 361) habe ich an dieser Stelle Folgendes zu erwähnen. Die Anzahl der Atome muss als eine unendliche angesehen werden im Sinne eines Postulats des unbegrenzten Fortganges; endlich kann sie nur sein in dem relativen Sinne, dass wir den Rest — unseres gegenwärtigen Mangels an Erfahrung wegen — nicht zu berücksichtigen brauchen. Die Annahme einer Vertheilung ins Unendliche bei endlicher Anzahl ist nicht gestattet, weil die Analogie der unendlichen convergenten Reihen mit endlicher Summe in diesem Falle nicht gilt. Ich bestreite durchaus nicht, dass eine endliche Zahl in un-

einem allgemeinen Standpunkte aus können wir jedes Weltsystem, jedes Sonnensystem oder Fixsternsystem auffassen wie eine Atomgruppe, welche als Molekel schwingt, und jede Molekel kann uns ein Weltsystem darstellen. Es kommt lediglich auf unseren Standpunkt an, welchen Theil der Welt wir als molecular, welchen wir als kosmisch ansehen; vermöge der Anlagen unserer Naturauffassung würde uns das Universum immer in Atome und Weltsysteme zerfallen. In diesem Sinne droht unserer Atomistik allerdings der Regress ins Unendliche; aber eben, weil es sich um eine anschauliche Naturerklärung handelt, hebt unsere Auffassung diesen Regress selbst auf, wo ihn nur die Phantasie noch gestattet, die Wissenschaft nicht mehr verlangt. Sie hebt ihn auf, und gewinnt dadurch Anschauung[1]). Als Beispiel diene Folgendes.

---

endlicher Form gegeben werden könne, z. B. $2 = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \cdots$ Achilles kann die Schildkröte einholen, weil er nicht genöthigt ist sein Ziel auf dem Wege durchs Unendliche zu erreichen. Aber die zu erreichende Zahl kann eben nur dann als eine endliche betrachtet werden, wenn sie ihrem Inhalte nach schon anderweitig in endlicher Form gegeben oder zwischen endliche Grenzen einschliessbar ist, wie die Summen der convergenten Reihen, z. B. π. Ist aber die unendliche Form die einzige, in welcher die betreffende Grösse uns zugänglich ist, so muss man auch die ganze Reihe durchlaufen, um die Summe zu erhalten, d. h. man erhält sie nie. Die Reihensumme bleibt also dann unendlich, wenn auch die einzelnen Glieder bis ins Unendliche abnehmen. Dieser Fall tritt nun, wie ich behaupte, bei der Materie ein, da diese ein rein empirischer Begriff ist, den wir in seiner ideellen Totalität nur durch den Versuch erlangen, die Reihe zu durchlaufen. Deswegen ist die Summe der Materie unendlich. Als eine endliche kann sie nur behandelt werden, indem man sich des willkürlichen — wenn auch berechtigten — Abbruchs der Reihe bewusst bleibt.

[1]) Dies ist zu beachten um den scheinbaren Widerspruch zu erklären zwischen der oben angeführten Ansicht Lange's und der Darstellung Vaihinger's in seinem trefflichen Buche „Hartmann, Dühring und Lange" (Iserlohn 1876), wo es von Lange S. 61 heisst: „Auch das Atom ist eine blosse hypothetische Annahme und sein Begriff, der auf die Unendlichkeit im Kleinen hinführt, bezeichnet eine Schranke unserer Erkenntniss, wie alle Begriffe, die zuletzt in die Unendlichkeitsvorstellung übergehen." Es hätte hervorgehoben werden sollen, dass das Hypothetische nur in der Annahme einer bestimmten Grösse der Atome liegt, die Unendlichkeitsvorstellung aber ihren Ursprung nicht in dem Atom-

Man erklärt die Elasticität der Körper aus der Verschiebbarkeit ihrer Theile — sagen wir: ihrer Molekeln. Das ist auch unzweifelhaft richtig. Nun fasst man in der kinetischen Gastheorie die Molekeln selbst wieder als elastisch; das kann man sich noch gefallen lassen, insofern die Atome derselben verschiebbar sind. Auch diese könnte man, um ihre Bewegungen durch ihren Stoss zu erklären, aus Unteratomen bestehen lassen, und so fort. Immer aber ergiebt sich die Nothwendigkeit, die Elasticität der letzten Theile zu erklären, und es scheint also, und hat bis jetzt fast allen Forschern so geschienen, als ob man auf einen Regress ins Unendliche geriethe. Verhielte sich dies wirklich so, dann stände es freilich schlimm um die Berechtigung der Atomistik, und Diejenigen behielten Recht, welcher ihr unauflösbare Widersprüche vorwürfen. Eine nothwendig aus der Natur unserer Weltauffassung herstammende Theorie kann aber einen solchen Widerspruch nicht enthalten, und wir werden also in der Lage sein müssen, jenen unendlichen Regress verhindern zu können, wenn wir unsere Auffassung von der Sache beibehalten wollen. Dies wird in der That geschehen; die Möglichkeit solcher Auflösung unserer Frage kann aber erst später erörtert werden (vergl. Abschn. VIII). Hier ist nur vorläufig zu sagen: **Wir beginnen bei der Erklärung unserer Sinnenwelt mit einer bestimmten Atomgruppe als letztem Element der Körper; die Atome, welche dieselben zusammensetzen, sind dann untrennbare, völlig solide Körperchen, die Grundlagen unserer phänomenalen Welt, bei denen von einer Verschiebung der Theilchen nicht weiter die Rede sein kann.** Wenn sie trotzdem Erscheinungen darbieten, welche denen des elastischen Stosses in ihrem Erfolge gleichen, so sind diese jedenfalls anders zu erklä-

begriff, sondern in dem Weltbegriff habe, insofern dieser auf eine Zusammensetzung aus Atomen führe. Der Atombegriff gehört zwar zu den „Ignoranzbegriffen", da er als Element unserer Erkenntniss eine Grenze derselben bezeichnet, führt aber keine neue Unendlichkeitsvorstellung ein, als die durch Erzeugung des Raum- und Grössenbegriffs bedingte, und dient gerade dazu, hier die Naturauffassung vor dem drohenden Verlust der Anschaulichkeit zu retten. Vergl. a. a. O. S. 73 u. f. Die Ungenauigkeit ist durch Lange selbst verschuldet.

ren. Und das wird in der That an der geeigneten Stelle nachgewiesen werden. Dann aber erhalten wir Anschauung und die Natur wird begreifbar.

Wir haben hervorgehoben, dass die Annahme einer Theilbarkeit der Materie ins Unendliche, selbst in dem beschränkten Sinne eines Regresses, wie oben, schon aus dem Grunde für die Erklärung der Natur nicht zu gebrauchen ist, weil sie jede Anschaulichkeit ausschliesst.

Hier sehen wir uns nun genöthigt, mit der dynamischen Theorie der Materie uns auseinander zu setzen. Dieselbe, insofern sie von jeder Atomistik absieht, hat freilich keinen Boden mehr in der Naturwissenschaft. Da aber kein geringerer Denker als Kant es unternommen hat, ihr eine Stelle in den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft anzuweisen, so müssen wir ihr näher treten und, da wir das Resultat seiner Ueberlegung verwerfen, auch den Versuch machen, die schwache Stelle seiner Beweise aufzudecken.

Wenn Kant die Materie als ins Unendliche trennbar erklärt, d. h. als theilbar in Theile, deren jeder wieder Materie ist [1]), so geschieht dies dadurch, dass er jedem mathematischen Theile der Materie eine repulsive Kraft zuspricht, wodurch derselbe auch ein physischer, also trennbar wird [2]). So scheint allerdings die unendliche Trennbarkeit der Materie unvermeidlich, denn der Raum ist ein Continuum seinem Begriffe nach und offenbar ins Unendliche theilbar zu denken. Daher schreibt sich denn die gewaltige Gegnerschaft, welche des grössten Philosophen Urtheil der Atomistik erweckt hat. Der Fehler muss offenbar schon in dem ersten Lehrsatze des zweiten Hauptstückes liegen, welcher lautet [3]):

„Die Materie erfüllt einen Raum, nicht durch ihre blosse Existenz, sondern durch eine besondere bewegende Kraft.

---

1) Metaph. Anfangsgr. d. Naturw. Riga, 1787. S. 43, 44.

2) A. a. O. S. 36. — 3) A. a. O. S. 33.

Beweis.

Das Eindringen in einen Raum (im Anfangsaugenblicke heisst solches die Bestrebung einzudringen) ist eine Bewegung. Der Widerstand gegen Bewegung ist die Ursache der Verminderung, oder auch Veränderung derselben in Ruhe. Nun kann mit keiner Bewegung etwas verbunden werden, was sie vermindert oder aufhebt, als eine andere Bewegung eben desselben Beweglichen in entgegengesetzter Richtung (Phoron. Lehrs.). Also ist der Widerstand, den eine Materie in dem Raum, den sie erfüllt, allem Eindringen anderer leistet, eine Ursache der Bewegung der letzteren in entgegengesetzter Richtung. Die Ursache einer Bewegung heisst aber bewegende Kraft. Also erfüllt die Materie ihren Raum durch bewegende Kraft, und nicht durch ihre blosse Existenz."

Man sehe nach, wo in diesem Beweise ein Fehler liegt. Der erste Theil, welcher den Hauptpunkt des Beweises zu enthalten scheint, lässt sich auf folgenden Syllogismus nach dem Modus Barbara zurückführen:

Alles, was eine Bewegung ändert, ist Ursache einer neuen Bewegung;
der Widerstand eines mit Materie erfüllten Raumes ändert die Bewegung der andringenden Materie;
also ist der Widerstand eines mit Materie erfüllten Raumes Ursache einer neuen Bewegung.

Die Prämissen sind unzweifelhaft richtig, der Schluss auch. Nun aber weiter: „die Ursache einer Bewegung heisst aber bewegende Kraft." Das ist eine neu und willkürlich eingeführte Wortdefinition. Von einer bewegenden Kraft ist bisher überhaupt noch nicht die Rede gewesen, und nun wird die Ursache einer Bewegung nach dem Ausdrucke des gewöhnlichen Lebens eine bewegende Kraft genannt. Auch wird dies in der nachfolgenden Erklärung 2. nochmals besonders ausgesprochen: „Zurückstossungskraft ist diejenige, wodurch eine Materie Ursache sein kann, andere von sich zu entfernen (oder, welches

einerlei ist, wodurch sie der Annäherung anderer zu ihr widersteht)."

In diesen Worten „andere von sich zu entfernen", welches einerlei sein soll mit der Verhinderung grösserer Annäherung, liegt der Uebergang zu der dynamischen Theorie der Materie mit ihrer anschauungslosen Fernwirkung und ihren unhaltbaren Folgerungen. Bis jetzt hatten wir es ja nur mit einem neuen Worte — wenn auch einem unserer Ansicht nach überflüssigen — zu thun; statt „Widerstand" war „Widerstandskraft" gesagt. Dies geht aber unter der Hand über in Zurückstossungskraft, und damit ist mit einem Schlage und jedenfalls unwillkürlich der Begriff der fernwirkenden Kraft eingeführt, ein Begriff, der ja bei Kant mit dem Worte „Kraft" nothwendig verbunden sein musste. Ist einmal gesagt, dass Widerstand eine Kraft ist, so ist diese natürlich auch eine Newton'sche Kraft! Nach seiner physikalischen Naturauffassung musste Kant consequenter Weise auf seine dynamische Theorie geführt werden. Trotzdem bleibt es ein merkwürdiger, wenn auch aus dem Missbrauch des Kraftbegriffes erklärlicher Irrthum, den Widerstand als Kraft aufzufassen. Als wenn Bewegung nur abgeändert werden könnte durch diesen reinen Hülfsbegriff der Kraft, der doch nur ein Ausdruck ist für den nach dem Causalgesetze von uns gesuchten Grund einer empirischen Thatsache; als wenn es nicht viel natürlicher wäre, die einzelnen Fälle, in denen Bewegung abgeändert wird, nach den jedesmal dabei eintretenden Wahrnehmungen zu unterscheiden! Als solche Wahrnehmungen, die man nunmehr als Ursachen betrachten müsste, hätten sich erstens der Widerstand eines soliden Körpers, zweitens die Bewegung eines anderen Körpers ergeben, so dass die Bildung des Kraftbegriffes sich vielleicht ganz hätte ersparen lassen. Nehmen wir doch thatsächlich nirgends „Kraft" wahr, sondern überall nur Bewegung oder Hemmung der Bewegung. Kant sagt: „Nur alsdann, wenn ich dem, was einen Raum einnimmt, eine Kraft beilege, alles äussere Bewegliche, welches sich annähert, zurückzutreiben, verstehe ich, wie es einen Widerspruch enthalte, dass in den Raum, den ein Ding einnimmt, noch ein an-

deres von derselben Art eindringe." Aber damit ist eben für das Verständniss nichts gewonnen, weil diese Kraft, welche, wie Kant zugiebt (a. a. O. S. 41), ihrer Möglichkeit nach auch nicht weiter erklärt werden kann, unsere Vorstellung über den eigentlichen Zustand der Materie durchaus unbefriedigt lässt. Wie soll man sich jeden (mathematischen!) Theil der Materie mit einer Kraft begabt denken, welche jeden benachbarten abstösst! Wo sind dann überhaupt die Grenzen der Theile? Denn jene Kräfte sollen lediglich an den Oberflächen der von der Materie eingenommenen Räume wirken; diese aber werden ja durch die Wirkung der Kräfte erst als erfüllte Räume erzeugt! Es ist eben die ganze Theorie nichts als eine Hypostasirung des leeren Kraftbegriffs, etwa ähnlich, als wollte man die Niveauflächen der Mechanik als reelle Dinge denken. Sinnlich und empirisch fassbar ist doch immer nur die Solidität, welche Kant einen ziemlich vieldeutigen Ausdruck nennt; auf sie, auf die Undurchdringlichkeit — welche keine „qualitas occulta", sondern eben die einzige zu Tage tretende Eigenschaft der Materie ist — muss er doch immer wieder zurückkommen als der einzigen Quelle unserer Erfahrung von einer Materie. Und hier hätte er denn auch seine „Construction" beginnen, nicht aber noch einen Schritt weiter versuchen sollen, wohin die Anschauung nicht mehr zu folgen vermag.

In den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft decken sich deutlich die Gebiete auf, wo Kant's unsterblicher Grundgedanke eine anderweitige Ergänzung durch eine Kritik der Sinne verlangt. Letztere führt auf den Begriff der Solidität und begründet ihn aus der Natur unserer Erfahrungsschöpfung, nicht etwa, was Kant Lambert u. A. vorwirft, nur aus einem logischen Gesetze. Dass „der Satz vom Widerspruch keine Materie zurücktreibt, welche anrückt, um in einen Raum einzudringen, in welchem eine andere anzutreffen ist (a. a. O. S. 34)", das bleibt allerdings richtig. Darum braucht das Hinderniss aber nicht gerade eine „Kraft" zu sein in der allgemeinen Bedeutung dieses Wortes. Logische Gesetze freilich können Materie nicht zurücktreiben, aber ist nicht vielleicht der Satz

vom Widerspruch mitbedingt von jener alltäglichen Erfahrung der Sinnlichkeit, dass wo „wir“ sind, nicht zugleich etwas Anderes sein kann? Oder richtiger, weisen nicht vielleicht beide auf eine gemeinsame Quelle hin, aus welcher sich das Bewusstsein von den Gesetzen des Denkens gleichartig entwickelt hat mit dem Bewusstsein von den Gesetzen des Seins? Wer möchte diese geheimen Beziehungen heute schon lösen? Soviel aber ist klar: Der Satz vom Widerspruch hat ein Analogon in der Sinnenwelt in dem Satze vom Widerstande. „Raumerfüllende Kraft“ ist mindestens ein durchaus überflüssiger Begriff; „Undurchdringlichkeit“ ist so zu sagen ein handgreiflicher Begriff, unmittelbar erschaffen durch die Natur unserer Sinnlichkeit. Wir denken, es hat keine Schwierigkeit, bei der Grundlegung der Physik sich für letzteren zu entscheiden.

V.

Der Zusammenhang der Atome und die Mittheilung der Bewegung als Andrangsempfindung.

Im Vorangegangenen konnte bis jetzt nur nachgewiesen werden, dass vermöge unserer Sinnlichkeit und unserer Art zu erkennen es einen phänomenalen Gegenstand geben muss, welcher an sich unveränderlich, undurchdringlich und sehr klein ist und als solcher das Substrat aller Veränderungen in der Natur bildet. Damit sind aber die Eigenschaften erschöpft, welche wir dem Atome ohne Rücksicht auf sein Verhältniss zu anderen Atomen nothwendig zuschreiben müssen; über die Form können wir a priori gar nichts sagen, über sie können nur die Hypothesen entscheiden, welche die empirische Naturwissenschaft aufzustellen sich genöthigt sieht.

Alle übrigen Eigenschaften des Atoms sind Eigenschaften der Atome, d. h. sie sind bedingt durch den Zusammenhang der Atome, wie es nach dem Sprachgebrauch der realen oder transcendenten Atomistik heisst, oder, wie wir es kritisch ausdrücken müssen, sie sind bedingt durch die Art und Weise, wie wir zu dem Begriffe von gesetzmässigen Vorgängen in der Natur, d. h. wie wir zu Naturgesetzen kommen. Hierhin gehören die Eigenschaften der Bewegung, Trägheit, Masse (Dichtigkeit), Stoss, Elasticität u. s. w., und Alles, was mit den

sogenannten „Molecularkräften“ zusammenhängt. Wir haben also diese Beziehungen von unserem Gesichtspunkte aus zu betrachten.

Die Aufgabe, „den Zusammenhang der Atome herzustellen“, ist für die nicht-kritische Auffassung viel schwieriger zu lösen, als die, das einzelne Atom begrifflich streng zu construiren. An dieser Stelle ist auch der in der Einleitung erwähnte Kampf zwischen einer gewissen Art der Philosophie und der Naturwissenschaft stets am heftigsten entbrannt. Die Naturwissenschaft schrieb einfach dem Atom gewisse Bewegungen oder anziehende und abstossende Kräfte zu und hatte damit den Zusammenhang hergestellt ohne sich darum zu kümmern, dass so zugleich der Begriff des Atoms als des aus allen Wechselbeziehungen gelösten Dinges verloren ging. Die Philosophie strengte sich an die Atome zu verbinden ohne dabei die Ungebundenheit des Atoms als eines für sich existirenden Gegenstandes zu schädigen. Legt man in das Atom (Notabene! das transcendent gedachte!) als ihm nothwendig zugehörend schon Bewegungen und Kräfte hinein, vermöge deren es auf andere wirkt, so ist es nicht unabhängig von jenen construirt. Das einzelne Atom setzt dann, vermöge seiner Wirkungsfähigkeit, seiner potentiellen Bewegung oder Kraft, schon die Existenz der anderen Atome voraus und kann überhaupt nicht für sich gedacht werden, was zum Begriffe eines realen Atoms (als Noumenon) gehört. Denn in einer transcendenten Welt müssen die Atome für sich existiren können, abgelöst vom grossen Zusammenhange der Dinge; sie sind ja real! Dann aber kommt man auf nothwendige Widersprüche mit unserem Denken. Dann hat W. Goering Recht, dass jedes Atom ein unauflösbares metaphysisches Problem enthält, weil unser Weltbegriff — wie wir allgemein sagen können — immer über dasselbe hinausstrebt. Dann ist der Widerspruch da, welcher schon wer weiss wie oft von Philosophen hervorgehoben ward, welchen schon Nikolaus von Cusa [1]) gefühlt hat, als er das Bedenken aussprach,

---

[1]) Vergl. Clemens: Nikolaus v. Cusa und Giordano Bruno.

dass doch die Auflösung das Einfache nicht erreiche und das einfache Element der Kraft entbehre, für sich wirklich zu sein.

Wollte man nun doch die Atome als für sich existirend betrachten, so müsste man sich die Bewegungen und Kräfte, welche ihnen zukommen, ihnen von aussen zugefügt denken, als etwas Aeusserliches, Zufälliges oder von einer wunderthätigen Macht Hinzugeschaffenes. Denn sobald man sie begrifflich mit ihnen verbinden will als nothwendige Eigenschaften, so ist man eben wieder auf dem dargelegten Widerspruch der unter einander nothwendig verknüpften Atome angekommen. Einen Ausweg aus diesem Dilemma giebt es für die transcendente Weltauffassung nur auf die Manier von Leibnitz — die Atome dürfen gar nicht mit einander verbunden sein. Dann aber muss man eine prästabilitirte Harmonie setzen. — Wir werden also auch hier wieder auf die kritische Ansicht hingedrängt.

Indessen hat es die Atomistik bisher mit dieser Frage nicht immer so streng genommen. Sie hat sich damit geholfen, dass sie sich einfach in die Sache fand, d. h. mit grösserer oder geringerer Entschiedenheit und mehr oder minder klarem Bewusstsein die gleichzeitige innere Nothwendigkeit und äussere Zufälligkeit des Zusammenhangs der Atome als durch die gewohnten Begriffe auflöslich geleugnet und statt dessen gefordert hat, die empirisch festgestellte Natur der Atome als etwas unmittelbar Gegebenes aufzufassen, worüber man nicht weiter grübeln dürfe. Das heisst nun freilich den Knoten durchhauen und nicht lösen; aber es zeigt deutlich, dass hier eine Schwierigkeit versteckt liegt, gegen welche in der transcendenten Naturphilosophie kein Kraut gewachsen ist.

Auf dem kritischen Standpunkt löst sich die Frage von selbst. Die Atome, als Phänomena, existiren in dieser Form

---

Bonn, 1847. S. 127. Uebrigens führt bemerkenswerther Weise die Chemie aus empirischen Thatsachen zu demselben theoretischen Ergebnisse, dass die kleinsten Theile der Stoffe, welche sich gegenseitig verbinden, die Atome, für sich im Allgemeinen gar nicht bestehen können. Die Atome sind immer vereinigt zur Molekel, welche „der kleinste Theil eines Stoffes, der für sich existiren kann“, ist.

nur in unserer Vorstellung als nothwendige Erzeugnisse der Erfahrung. Sie sind nicht in einem transcendenten, realen leeren Raume für sich getrennt, sondern sie werden in solcher Form von dem empfindenden Subject erfunden, damit dasselbe in der Mannichfaltigkeit der Erfahrung sich zu orientiren und die Naturerscheinungen nach einem einheitlichen Gesichtspunkt zu ordnen vermöge. Sie sind also von vornherein verbunden durch die Natur des anschauenden Subjects. Freilich wird jedes Atom erzeugt durch unsere einheitliche Synthesis, indem sie dasselbe von „den unendlichen Fäden allen Zusammenhanges“ löst und dadurch zu einem abgeschlossenen Gegenstande macht. Aber dieselbe Synthesis, welche so das Atom nothwendig als etwas abgeschlossenes erzeugt, erzeugt ebenso nothwendig alle anderen Atome und ist somit selbst das Gesetz ihrer Verknüpfung. Sie trägt in sich zugleich die Form des Atoms wie die des Zusammenhangs der Atome. Eben so nothwendig, wie auf unkritischem Standpunkte die durch den leeren (transcendenten) Raum getrennten Atome jeden Zusammenhang ihrem Begriffe nach ausschliessen, eben so nothwendig schliessen die phänomenalen Atome diesen Zusammenhang ihrem Begriffe nach ein. Das kritische Atom soll gar nicht für sich gedacht werden (vergl. S. 34). Die Gesetze, nach denen die Atome sich zu bewegen scheinen, sind nur die nothwendigen Oberbegriffe für die vorkommenden Veränderungen in unserer Empfindung. Sie entspringen aus unserer Sinnlichkeit und unserem Verstande; und es handelt sich nun darum, nachzusehen, welche Gesetze aus diesen Quellen fliessen, zu erforschen, wie wir nothwendig die Combination der Grundbegriffe unserer Naturauffassung vollziehen müssen.

Der fortwährende Fluss, in welchem unsere Empfindungen sich befinden, verlangt Ordnung. Diese Ordnung wird zunächst versucht, indem wir einzelne einfache Vorstellungen fixiren; so kamen wir zu dem Grundbegriffe der Atome. Nun muss auch der Wechsel der Veränderungen anschaulich erklärt werden, und so kommen wir auf die Bewegungsgesetze der Atome. Dass diese Veränderungen in Form von Bewegung vor sich gehen,

von Bewegung im Raume [1]), das ergiebt sich natürlich aus der Entstehungsart jener ersten Begriffe, welche den Begriff der Bewegung mit umschliessen und nur mit Hülfe desselben zu Stande kommen. Raum, Körper, Bewegung, Selbstbewusstsein, — das sind Begriffe, welche sich gleichzeitig bilden und welche nothwendig zu einander gehören, wenn wir sie auch zum Zwecke der Betrachtung trennen müssen. Die Entstehung des Bewegungsbegriffes braucht also nicht weiter erörtert zu werden, wohl aber werden wir es nun mit den verschiedenen Nebenerscheinungen der Bewegung zu thun haben, mit den Begriffen

---

[1]) Ein Eingehen auf die Controverse zwischen relativer und absoluter Bewegung liegt unserem Standpunkte fern, da dieselbe nur auf unkritischem Boden wirkliche Schwierigkeiten bietet. Keinem Zweifel dürfte es unterliegen, dass Bewegung immer ein bestimmtes Axensystem im Raum voraussetzt, auf welches sie bezogen wird. Dieses Axensystem ist zunächst durch das natürliche Coordinatensystem gegeben, welches jeder Mensch in der symmetrischen Gestaltung seines Körpers mit sich herumträgt. Dieses ist die feste Grundlage, durch welche Bewegung überhaupt erst möglich wird; wir bedürfen daher zur Untersuchung der Bewegungsgesetze auch nicht der verschiebbaren relativen Räume. Indem nun aber auch unser Körper mit dem Coordinatensystem desselben als unter den anderen Körpern im Raume beweglich aufgefasst wird, macht sich das Bedürfniss eines allgemeinen festen Coordinatensystems bemerklich. Ein solches festes Coordinatensystem, unabhängig von allen im Raume vorkommenden Körpern und Bewegungen, gehört mit zum Begriffe des Raumes und constituirt den Begriff eines absoluten Raumes, welcher eine nothwendige und aus unserer Organisation stammende Bedingung aller Erfahrung ist. Dass ein solcher absoluter Raum, ein festes Axensystem, angenommen werden muss, beweist vorzüglich O. Liebmann (Zur Analysis der Wirklichkeit, S. 96 u. f.), desgl. C. Neumann (Ueber die Principien der Galilei-Newton'schen Theorie. Leipz. 1870.), bei welchem der starre Körper Alpha das absolute Axensystem vertritt. Die Schwierigkeit für den realistischen Standpunkt besteht nun darin, einen solchen starren Körper oder ein festes Axensystem mit bestimmter Lage vorzustellen. Diese Schwierigkeit fällt für uns fort, da diese Vorstellung nichts ist, als der unserer Raumvorstellung überhaupt zu Grunde liegende Mechanismus unserer Erkenntnissthätigkeit oder wie man diese Bedingung unserer Erfahrung sonst nennen will. Wir stellen also alle Bewegung in einem absoluten Raume vor, der durch unsere eigenste Naturanlage bedingt ist, und beziehen sie als eine relative auf das mit uns verschiebbar gedachte Axensystem unseres speciellen Anschauungsraumes.

der Geschwindigkeit und Richtung, der Beharrung, der Mittheilung, der Aufhebung, der Masse, der Kraft, der Bewegungsgrösse, der Energie. Sie alle aber hängen so eng mit einander zusammen, dass die Darstellung schwierig wird, die sie doch auseinanderreissen muss. Wir müssen auch hier von der unmittelbaren Wirkung der Sphären unserer Sinnlichkeit ausgehen; von ihr kommen wir schliesslich zu den Axiomen der Physik.

Hätten wir es mit einer transcendenten Bewegung zu thun, so würden wir freilich nichts gewinnen und gleich mit Widersprüchen beginnen; kritisch aber führen wir nur die in unserer Empfindung unleugbar enthaltenen Elemente auf die einfachsten und anschaulich vorstellbaren zurück; wir suchen die einzig mögliche Zurückführung und kommen so auf eine kinetische Atomistik. Die kritische Theorie der Materie ist nothwendig kinetische Atomistik.

Das wird sich aus dem Folgenden genauer ergeben. Freilich hat man seit Roberval und Newton mit grossem Erfolge den Atomen anziehende und abstossende Kräfte beigelegt, um Naturerscheinungen daraus zu erklären. Dass diese Vorstellung eine rein mathematische Abstraction ist, welche eine bequeme Beschreibung der Erscheinungen durch die Rechnung zulässt, für die Naturerklärung aber gar nichts leistet, weil sie aller Anschaulichkeit entbehrt — das ist schon vielfach hervorgehoben worden, am vorzüglichsten wohl von F. A. Lange in seiner Geschichte des Materialismus [1]). Wir würden auf diesen Punkt nicht weiter eingehen und ohne gegen die fernwirkenden Kräfte zu polemisiren die kinetische Atomistik für sich reden lassen, indem wir uns an den Satz halten, dass sich Niemand die Wirkung durch den leeren Raum vorstellen kann, wenn nicht neuerdings der verdienstvolle Astrophysiker F. Zöllner in seinem Buche: „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie“ sich zur Vorstellung der Fernwirkung fähig erklärt

[1]) Zweite Aufl. I. S. 261 bis 266. Vergl. auch meine Abhandlung: „Der Verfall der kinetischen Atomistik im 17. Jahrhundert.“ Poggendorff's Annal. Bd. 153, S. 385.

hätte. Wenn man freilich dieser Fähigkeit auf den Grund geht, so zeigt sie sich eng benachbart der Fähigkeit, sich Klopfgeister und ähnliche Gespenster anschaulich vorzustellen und berührt doppelt eigenthümlich bei einem Forscher, dessen weiter Gesichtskreis und edele Begeisterung sonst so sympathisch wirken. Es zeigt sich nämlich, dass Zöllner gar nicht behauptet, dass Materie durch den leeren Raum hindurch auf Materie wirken könne. Er macht W. Thomson, Cl. Maxwell und E. du Bois-Reymond den Vorwurf, dass sie in dem berühmten Briefe Newton's an Bentley [1]) die Stelle:

„It is inconceivable, that inanimate brute matter should, without the mediation of something else, which is not material, operate upon, and affect other matter without mutual contact; as it must do, if gravitation, in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it."

missverstanden haben, insofern sie die Worte inanimate brute übersehen hätten. Denn von unbeseeltem, rohem Stoffe könne man freilich die Fernwirkung nicht begreifen, so wenig man sich einen kugelförmigen Würfel vorstellen könne [2]). Dagegen sei es begreiflich, wie beseelter, lebendiger Stoff ohne irgend eine sonstige Vermittelung auf einen anderen Körper ohne gegenseitige Berührung wirken könne. Das also ist Zöllner begreiflich! Denn, sagt er, es handelt sich hier nicht um ein physisches, sondern um ein metaphysisches Princip, um eine Willenskraft, und dass diese in angegebener Weise wirken könne, das haben ausser Newton auch noch andere Leute, wie John Herschel, Arthur Schopenhauer, Alfred Russel Wallace eingesehen.

Nun, mit jenem Zugeständniss, dass inanimate brute matter nicht fernwirkend auftreten könne, dürfen wir uns für befriedigt erklären. Denn wenn wir mit dem „Willen" als einem Erklärungsgrunde in die Wissenschaft kommen wollen, so hört eben alle Wissenschaft auf und die Gespensterseherei fängt an. Die

---

[1]) Letters to Dr. Bentley. Lett. III. Opera omnia ed. Horsley Lond. 1782. T. IV, p. 438. — [2]) A. a. O. S. LX.

Willensphilosophie ist nun schon oft genug abgehandelt worden! Eine „Willenskraft“ giebt es überhaupt gar nicht [1]); Bewegung kann nur wieder hervorgebracht werden durch Bewegung; das allein wissen wir, denn nur die Empfindung der Bewegung ist die in uns vorhandene Empfindungsthatsache; ohne Bewegung nützt uns aller Wille nichts. Wir können uns eine empfindende Materie denken; obwohl wir dieser Ansicht nicht huldigen (s. d. Schlussabschn.), ist sie doch begreiflich. Aber die Annahme, dass Empfindung Bewegung hervorbringen könne, ist eben so unstatthaft und unbegreiflich, wie die Behauptung des Materialismus, dass Bewegung Empfindung erzeugen könne. Allerdings kann Empfindung Bewegung insofern hervorbringen, als sie die Vorstellung der Bewegung enthält, nicht aber etwa eine transcendente Bewegung ausserhalb der Vorstellung. Jenes aber ist schon Kriticismus, und auf diesem Standpunkte bedarf es keiner weiteren Erklärung der Wirkung der Körper auf einander durch eine „Willenskraft“. Die Zöllner'sche (Schopenhauer'sche) Willenskraft aber ist ein Noumenon, ein Ding an sich, während doch auch der Wille immer nur Phänomenon bleibt. Wir haben es eben mit einer falschen Hypostasirung zu thun.

Es hilft also gar nichts zur Naturerklärung, ob man einen Nachdruck auf die Worte „inanimate brute“ legt oder nicht; vielmehr wird die Sache für eine beseelte Materie noch viel schlimmer. Mit Einführung solcher Ideen in die Naturwissenschaft stellt sich Zöllner, wie übrigens noch aus vielen Stellen seines Buches hervorgeht, auf die Stufe jener Philosophen, welche Alles, was sie nicht erklären konnten, der unmittelbaren Einwirkung Gottes zuschrieben. Ein starker Gottesglaube ist gross und herrlich, aber er gehört in das ethische Gebiet, wo die Ideale freie Hand haben. Bei der mechanischen Naturbetrachtung dürfen wir unter keinen Umständen den Factor

[1]) Vergl. A. Spir: Denken und Wirklichkeit. Leipzig, 1877. II. S. 135 u. f. — Fechner, Phys. u. phil. Atomenlehre, 2. Aufl. S. 132. — R. Avenarius, Philosophie als Denken der Welt gemäss etc. S. 45.

eines göttlichen Willens in die Rechnung einführen. Mit solchem Versuche verlässt Zöllner die uns allein empirisch gegebene Welt der Erscheinung, und auf die neueste Wendung, welche seine Philosophie genommen hat, möchten wir ihm den Warnungsruf Spinoza's entgegenhalten: „Voluntas Dei — asylum ignorantiae."

So erklärt es sich denn auch, dass nicht nur die oben genannten Naturforscher, sondern auch die in diesem Felde grösste Autorität, F. A. Lange, keinen Werth auf jene Prädicate „inanimate brute" gelegt haben — weil ihre Hervorhebung durchaus nutzlos ist.

Gemäss unserer Sinnlichkeit kennen wir nur die Wirkung durch unmittelbare Berührung [1]). Gegen die dynamische Atomistik theilen wir also mit der unkritischen Physik den Einwand, dass die unvermittelte Fernwirkung anschauungslos sei. Ebenso wenig aber können wir dem Physiker auf unkritischem Standpunkte das Recht einräumen, im Gegensatz zur Fernwirkung etwa die Wirkung durch den Stoss bei unmittelbarer Berührung als eine begreifliche anzusehen. Denn es ist offenbar gleich unmöglich zu begreifen, dass ein Körper oder ein Atom durch ein anderes von ihm getrenntes in Bewegung versetzt werden kann, als dass die Bewegung eines anstossenden Atoms auf ein anderes durch unmittelbare Berührung übergehen könne. Wenn man die Atome als reale Dinge in einem realen leeren Raume auffasst, so wird man stets vergeblich versuchen, sich klar zu machen, wie überhaupt Bewegung mitgetheilt werden kann. Uebrigens ist ja auch dann der Begriff der Bewegung in sich widersprechend.

Ueberlegen wir dagegen den Vorgang vom kritischen Standpunkte aus, so zeigt sich Bewegung nur als eine Form-

---

[1]) Die Frage: „Wo existirt ein Körper?" mit den Worten: „da, wo er wirkt" beantworten zu wollen, ist Sophistik. Denn seinem Begriffe nach ist der Körper lediglich das „Raumerfüllende", er existirt also dort, wo er den Raum erfüllt, nicht dort, wo in Folge dieser Raumerfüllung irgend welche, von sonstigen Umständen abhängige Veränderungen eintreten können. Sonst wäre jeder Körper überall, nur nicht dort, wo er ist.

veränderung in unserem phänomenalen Raume. Dabei bemerken wir aber, dass wir im Stande sind, Dinge an sich zu afficiren [1]) und dadurch Veränderungen hervorzurufen, welche uns als Bewegung in unserem phänomenalen Raume erscheinen. Wir wirken durch die unzweifelhaft vorhandene Welt der Noumena hindurch in einer Welt der Phänomene, und hier wird uns Bewegung als Erscheinung unmittelbar empirisch gewiss und zwar in der Form einer Widerstandswirkung oder stossenden Kraft, einer Andrangsempfindung. So kommen wir, wie schon oben erwähnt, auf die Bewegung der Atome; jede Bewegung umfasst aber nothwendig ihrem Begriffe nach Geschwindigkeit und Richtung. Erst durch diese beiden Eigenschaften in Verbindung mit jener Andrangsempfindung wird der Begriff einer bestimmten Bewegung erzeugt. Unsere Aufgabe gipfelt nun in der Beantwortung der Frage: Welche Gesetze der Bewegung der Atome ergeben sich nothwendig als Producte unserer Sinnlichkeit und unseres Verstandes?

Bewegung ist die phänomenale Form, in welcher unser unmittelbarer Verkehr (als der eines motorischen Umkreises) mit den unbekannten Dingen an sich erscheint. Nur von diesem Punkte aus können wir eine Aufklärung darüber erhoffen, wie directe Wechselwirkung der Atome möglich ist; denn hier nur nehmen wir Uebertragung der Bewegung wahr, und wir fragen daher: Was nehmen wir bei Uebertragung der Bewegung wahr?

Uebertragung der Bewegung nehmen wir unzweifelhaft gewiss nur dann wahr, wenn wir selbst vermöge der Bewegungen

---

[1]) Der Ausdruck „afficiren" von dem Grenzbegriff des „Dinges an sich" gebraucht, ist freilich ungenau. Aber wie soll man sonst sagen? Wir können unzweifelhaft in der Welt der Noumena irgend einen unbekannten Process veranlassen, welcher uns phänomenal als causale Veränderung erscheint, wobei freilich die Ausdrücke „Welt", „Process", „veranlassen" wieder nur aus der Erscheinungswelt, der unsere Sprache angehört, entliehen sind und sicherlich den „Vorgang" in den Dingen an sich nicht treffen.

unseres Körpers, von denen uns Tast- und Innervationsgefühl unmittelbar und das Gesicht durch gewohnheitsmässig erlangte Uebung mittelbar Kunde geben, einen anderen Körper in Bewegung setzen, d. h. die Noumena so afficiren, dass jener phänomenale Vorgang erscheint. Dabei empfinden wir eine unmittelbare Berührung und einen Widerstand. Das ist wesentlich! Es ist dies der einzige Fall, in welchem wir Uebertragung der Bewegung selbst dem Begriffe nach erzeugen, und nur aus dieser Erfahrung heraus sprechen wir überhaupt von einer solchen. Denn in allen übrigen Fällen, in welchen wir den Wechsel von Formveränderungen in unserem Gesichtsraume wahrnehmen, bleibt jede quantitative Beziehung ausgeschlossen, d. h. jede Beziehung auf einen Widerstand der Bewegung, auf eine Arbeitsleistung. Diese hängt an jener anderen Gruppe unserer Sinnlichkeit, durch welche wir unmittelbar an die Dinge an sich grenzen. Hätten wir nur die Raumbildung und Wahrnehmung durch den Gesichtssinn, so würden wir wohl eine Phoronomie, aber keine Mechanik besitzen — freilich gäbe es dann auch nur einen Idealismus, keinen Kriticismus. Um jenen Unterschied an einem concreten Beispiel sich zu veranschaulichen, denke man an die Arbeit einer grossen Dampfmaschine. Wir stehen im Maschinenraume unmittelbar neben der Triebstange, die glatt und geräuschlos auf- und niederfährt und das gewaltige Schwungrad umdreht; wir haben gar keinen Begriff von der in Betracht kommenden Kraft; so leicht scheint uns das Spiel der Maschine, als könnten wir mit unserer Hand dieselbe Verschiebung vornehmen; jeder Anhalt fehlt uns, diese regelmässige Bewegung der Dampfmaschine von vielen hundert Pferdekräften zu unterscheiden von der leichten Bewegung eines Pendels, die der Hauch unseres Mundes hemmt. Erst wenn wir einen Blick werfen in den Arbeitssaal, wenn wir hunderte von Rädern in rasendem Wirbel gedreht, schwere Hämmer gehoben, dicke Eisenplatten wie Wachs durchbohrt sehen, dann begreifen wir, dass dort mehr geleistet wurde, als ein Schattenspiel an der Wand; wir begreifen es, weil wir Arbeit sehen, weil wir die Ueberwindung eines ungeheuren Wider-

standes bemerken, den wir selbst zu schätzen verstehen, aus dem einzigen Grunde, dass wir in unserer eigenen Anstrengung, in unseren Tast- und Muskelgefühlen, einen ähnlichen Widerstand überwunden haben oder an seiner Ueberwindung gescheitert sind. — Erst indem wir einen Widerstand, welcher sich der Bewegung unseres Körpers entgegensetzt, überwinden, schaffen wir die Vorstellung einer Mittheilung unserer Bewegung an die Widerstand leistende Umgebung, welche wir als zurückweichend bemerken.

Da aber die Bewegung und ihre Mittheilung überhaupt nur darin besteht, dass wir jenen Begriff bilden, und da wir niemals eine andere Mittheilung der Bewegung als in unserer Andrangsempfindung unmittelbar kennen lernen können — denn nur durch unsere Sinnlichkeit bilden wir den Begriff einer solchen — so kann auch keine andere Art der Mittheilung existiren. Wir haben damit das erste Axiom gewonnen:

Bewegung wird von einem Körper an den anderen nur mitgetheilt durch unmittelbare Berührung (Stoss).

Nun übertragen wir auch diesen Begriff der Mittheilung auf Körper, von denen wir bemerken, dass sich ihre Bewegungen beeinflussen. Wir verbinden ihre Bewegungen durch die Kategorie der Causalität, indem wir die des einen als Ursache der des anderen ansehen. Aber diese Vorstellung einer Mittheilung der Bewegung ist nur eine Folge davon, dass wir selbst bei unserer Bewegung durch den Raum eine solche erzeugen. Und hier tritt nun ein neues Moment auf, aufs engste verknüpft mit allem bisher Betrachteten. Der Widerstand, welchen die Theile unseres Körpers bei der Bewegung empfinden, ist unter verschiedenen Umständen verschieden oder präciser mit anderen Worten: Bewegung als Andrangsempfindung lässt eine quantitative Schätzung zu. Wir bilden dadurch den Begriff von schwerer und leichter beweglichen Körpern, wir bilden die zusammenhängenden Begriffe von Masse und Trägheit, richtiger gesagt: wir bilden den

Begriff der Bewegungsgrösse und abstrahiren aus diesem die angegebenen.

Es handelt sich hier scheinbar um allgemein bekannte Dinge — aber um Dinge, die nur dem Namen nach bekannt sind. Jeder weiss oder glaubt zu wissen, was Bewegungsgrösse, Masse, Trägheit bedeutet; widerspruchslos als Grundlagen der Physik aber lassen sich diese Begriffe nur auf kritischem Boden entwickeln, wie wir es hier versuchen. Wir müssen ihrer erkenntnisstheoretischen Entstehung auf den Grund gehen und finden denselben in dem Begriffe der Andrangsempfindung.

So lange wir den Widerstand gegen unsere Bewegungen ohne Rücksicht auf quantitative Unterschiede betrachteten, kamen wir zunächst nur zum Begriff der Undurchdringlichkeit, zu den soliden Körpern. Dieser Widerstand bleibt, aber die Körper lassen im Vergleich zu anderen Körpern eine Verschiebung im Raume zu, welche auf den Begriff eines Widerstandes der Bewegung der Körper (Andrangsempfindung) führt [1]. Dies ist eine neue Eigenschaft der Körper, und zwar eine solche, welche allen Körpern gemeinsam und nothwendig zukommt; denn ihr Begriff war schon betheiligt bei der Bildung des Begriffs der Körper überhaupt — Körper waren ja nothwendig im Raume beweglich (S. 25) — und wir konnten nur an jener Stelle auf diese Eigenschaft nicht näher eingehen. Somit ist die Eigenschaft des Widerstandes bei der Bewegung eine zugleich den Atomen zukommende Eigenschaft, weil die Atome alle diejenigen Eigenschaften enthalten müssen, ohne welche die Bildung des Begriffs „Körper" nicht von Statten gehen kann.

Natürlich kann auf diese Weise, durch Abschätzung des sinnlichen Eindrucks, nur der rohe und noch wenig geläuterte Begriff einer solchen Eigenschaft der Materie entstehen, vermöge deren sie einem Bewegungsversuche einen grösseren oder

---

[1]) Vergl. hierzu W. Wundt, Grundz. d. physiol. Psychol. Leipz. 1874. S. 488 u. f. Nach Wundt setzt sich die Vorstellung der bewegenden Kraft zusammen aus der intendirten Anstrengung, welche in dem Innervationsgefühl ihr Maass hat, und aus der Vorstellung des Widerstandes, welche aus dem Tastgefühl stammt (S. 490).

geringeren Widerstand entgegensetzt. Die scharfe Formulirung der Begriffe „Bewegungsgrösse“, „Masse“, „Trägheit“, „Energie“ setzt, wie ein Blick auf die Geschichte der Wissenschaften zeigt, eine ausgedehnte Beobachtung und ein hoch entwickeltes wissenschaftliches Denken voraus. Aber es handelte sich zunächst ja auch nur darum zu zeigen, wie überhaupt die Grundlagen solcher Begriffe entstehen und entstehen müssen. Auch der Begriff des Raumes und des Stoffes ist im nicht wissenschaftlichen Denken des gewöhnlichen Menschen nicht derjenige, welchen der kritische Philosoph entwickelt; er ist von demselben nur deswegen weniger verschieden, weil die psychologische Entwickelung eines jeden Menschen die Bildung desselben erzwingt. Bei der Bildung jener Begriffe der Mechanik aber ist eine bewusste Anwendung des Causalitätsgesetzes und eine sorgfältige Denkoperation neben der Sammlung des empirischen Beobachtungsmaterials nothwendig, ehe es gelingt, den durch die Sphären der Sinnlichkeit unmittelbar gebildeten Begriff in einfachere, für die wissenschaftliche Behandlung sich eignende Unterbegriffe zu zerlegen.

Dass wir auf dem richtigen Wege sind, wenn wir bei Aufsuchung der Grundbegriffe der Mechanik vom unmittelbaren sinnlichen Eindruck der andringenden Materie, (welchen wir als das sogenannte Moment oder die Bewegungsgrösse erkennen werden) ausgehen, das bezeugt auch die historische Entstehung dieser Begriffe. Denn der Erste, welcher diese Begriffe wissenschaftlich feststellte, Galilei, kam auf die Einführung seines Momentes ebenfalls wahrscheinlich durch den Andrang (impeto) der Materie, den er als durch eine Muskelempfindung geschätzt dachte [1]). Bei seinem ersten Entstehen ist also jener Begriff so aufgefunden worden, dass Galilei dem Gefühl nachging, welches Bewegung von Körpern bei ihrem Andrange in ihm hervorrief. Es ist von hohem Interesse zu sehen, dass die fruchtbarsten wissenschaftlichen Principien ge-

[1]) Vergl. Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. Leipz. 1877. 2. Aufl. S. 24.

wonnen werden aus der Untersuchung der Art und Weise, wie eine bestimmte Erfahrung bei uns zu Stande kommt.

An diese unmittelbare Schätzung der Bewegung durch die Andrangsempfindung schliesst sich als eine unvermeidliche Folgerung das wichtige Axiom von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung. Denn indem wir einen andringenden Körper aufhalten oder einen anderen in Bewegung versetzen wollen, entsteht aus unserer unmittelbaren Empfindung [1]) das aller Bewegung zu Grunde liegende Gesetz:

Jeder Wirkung entspricht eine gleiche Gegenwirkung.

Wenn man nun mit Rücksicht auf diesen Satz an die Principien der Mechanik mit Hülfe der Andrangsempfindung, als Grundlage aller Bewegungsvorstellung, herangeht, so könnte es scheinen, als müsse man eine Verwirrung zwischen Statik und Dynamik anrichten, welche bedenklich werden könnte. Denn die Andrangsempfindung schätzt den Stoss eines ankommenden Körpers zunächst allerdings nach dem statischen Druck, welcher von demselben ausgeübt wird, indem unser Körper einen gleichen Gegendruck ausübt. Dass bei dem Stosse noch ein dynamischer Bewegungseffect hervorgebracht wird, scheint sich bei dieser Betrachtungsart schlecht mit der Schätzung nach der Andrangsempfindung in Beziehung setzen zu lassen. Galilei, der, wie schon gesagt, von dieser Schätzung ausgegangen ist, hat nun freilich, wie auch Dühring [2]) bemerkt, jene dynamische Wirkung des Stosses übersehen. Wir werden aber bald Gelegenheit finden zu zeigen, wie dieser Fehler auf dem

---

[1]) Dass auch hier die empirische Physik, wie sie in den Ansichten der Mehrzahl der Forscher und Lehrer vertreten ist, in voller Uebereinstimmung mit der kritischen Anschauung sich befindet, das beweist die übliche Herleitung dieses Axiomes aus der unmittelbaren sinnlichen Empfindung, wie sie sich z. B. bei Wuellner, Lehrb. der Experimentalphysik, Leipz. 1870; I, S. 61 findet. So verfährt auch Newton, Princip. math. Lex III.

[2]) A. a. O. S. 157.

gegenwärtigen Standpunkte unserer mechanischen Kenntnisse zu vermeiden ist, indem jene Andrangsempfindung aus zwei verschiedenen Gesichtspunkten quantitativ bestimmt werden kann. Daraus ergeben sich dann auch noch tiefer gehende Beziehungen zwischen statischer und dynamischer Wirkung sowie zwischen dem Stosse sogenannter elastischer und unelastischer Körper.

VI.

Die Principien der Mechanik.

In der That kann man es nicht anders erwarten, als dass wir die Gesetze der Bewegung dort auffinden werden, wo sie durch die Afficirung unserer Sinnlichkeit ihren Ursprung haben. Man vergesse nur niemals den grossen Spalt, welcher durch unsere Sinnlichkeit geht; jenen Spalt, von welchem W. Goering nachgewiesen hat, dass seine Vernachlässigung, wie sie bei Kant stattfand, den Kriticismus zum Idealismus treiben muss. Wir müssen das eigentlich empirisch Reale der Bewegung aufsuchen; nicht nur jene Formveränderungen in unserem Sehraum, durch welche allein wir, wie schon gesagt, wohl zu einer Kinematik oder Phoronomie, niemals aber zu einer Mechanik kommen würden. Dies empirisch Reale der Bewegung aber finden wir in dem „Andrang“ der Materie, in jener Sphäre der Sinnlichkeit, durch welche allein wir „als ein motorischer Umkreis“ wirklich mit Dingen an sich in Verbindung stehen. Freilich ist uns auch die Form dieser Empfindung nur Phänomen, aber mit derselben ist uns hier zugleich die Gewissheit einer Welt der Noumena ausser uns gegeben. Das „empirisch Reale“ der Bewegung, was Galilei unter „impeto“ verstand und wir als Andrangsempfindung bezeichneten, was man

gewöhnlich schlechthin „Kraft“ nennt, ist also nicht nur empirisch real im gewöhnlichen Sinne, sondern es ist kraft der Natur unserer Sinnlichkeit unmittelbar gewiss und eine nothwendige Erfahrung, die gar nicht anders gemacht werden kann; es ist, obwohl im Zusammenhang mit dem transcendenten Etwas, doch ein Product unseres Selbst, insofern es eben eine ganz bestimmte Vorstellung enthält und in einem unveränderlichen Begriffe erzeugt wird. Darum sind nun auch die Gesetze, welche der Bewegung zu Grunde liegen, a priori gewiss, wenn sie auch nicht a priori aufgefunden worden sind; Erfahrung kann uns aber immer nur das Gesetz annähernd wahr zeigen; seine mathematische Gewissheit fliesst uns aus derselben Quelle wie das Gesetz selbst.

Jene Andrangsempfindung der Bewegung, der Widerstand, welchen ein Körper seiner Bewegung, d. h. der Ertheilung einer bestimmten Geschwindigkeit entgegensetzt, resp. die Wucht, mit welcher er gegen unseren Körper andringt, ist also das Ursprüngliche in der Mechanik, von welchem wir bei der Herleitung der Principien ausgehen müssen. Wir können diese Empfindungsthatsache „Kraft“ nennen, wenn wir uns nur nicht verleiten lassen, sogleich mit diesem Worte allerlei fernliegende aber gewohnte Vorstellungen zu verbinden, namentlich Kraft als eine von Bewegung verschiedene Ursache zu substantiiren. Diese Kraft findet einen anderen mathematischen Ausdruck, je nach dem Maasse, mit welchem wir sie messen; je nach dem erhalten wir verschiedene Principien, auf welche wir gleich näher eingehen werden. Ausserdem ergiebt sich aus dem Begriff dieser unmittelbar empfundenen „Kraft“ mit Hülfe des Geschwindigkeitsbegriffs der Begriff der Masse.

Denn indem wir verschiedene Körper zu bewegen, d. h. ihnen eine bestimmte Geschwindigkeit zu ertheilen versuchen, bemerken wir — ganz abgesehen vom wissenschaftlichen Experiment — dass die Anstrengung oder die von uns aufgewandte Kraft zur Erreichung desselben Effects für verschiedene Körper eine verschiedene ist. Dasselbe zeigt sich bei dem Versuche, einen andringenden Körper aufzuhalten. Diesen von der Ge-

schwindigkeit des Körpers unabhängigen Theil der durch den bewegten Körper erzeugten Andrangsempfindung oder der zu seiner Bewegung aufzuwendenden Kraft nennen wir Masse. Wir bedienen uns absichtlich einer Reihe wechselnder und unbestimmter Ausdrücke für jene Empfindungsthatsache, die wir das empirisch Reale der Bewegung oder die Andrangsempfindung genannt haben, um vorläufig keine bestimmte Vorstellung über das Verhältniss, in welchem Masse und Geschwindigkeit hier stehen, aufkommen zu lassen. Denn dies ist offenbar der Vorgang im gewöhnlichen Leben, dass wir wohl merken, in der Wucht der Bewegung spielt ausser der Geschwindigkeit noch eine andere Grösse eine Rolle, welche man die Masse nennt. Ueber die Art der Function, welche die Abhängigkeit der Bewegungskraft oder des Andrangs von diesen beiden Grössen ausdrückt, wird man sich aber erst durch eine strenge Untersuchung klar, wie sie sich in der Geschichte der Wissenschaften vollzogen hat. Es giebt dabei zwei Gesichtspunkte der Messung, durch welche man zu verschiedenen Gesetzen kommt, und die Vernachlässigung dieses Unterschiedes hat den berühmten Streit zwischen Descartes und Leibnitz über die Schätzung der Kräfte hervorgerufen. Wir gehen nun von dem rohen Begriff der Masse, wie ihn schon die alltägliche Erfahrung bildet, zur wissenschaftlichen Feststellung des Begriffes über.

Jene Kraft der Bewegung muss nach bestimmten Grundsätzen geschätzt und nebst der zugehörigen Geschwindigkeit mit fest bestimmten Maasseinheiten verglichen werden. Dadurch erhält man gewisse Beziehungen zwischen jenen Begriffen, und zwar quantitative Beziehungen, durch welche sie selbst an Klarheit gewinnen; es ergiebt sich die Form jener vorläufig als unbekannt angenommenen Function von Geschwindigkeit und Masse.

Die natürliche Schätzung jener Kraft, jenes unmittelbar Gewissen der Bewegung, geschieht nach dem momentanen Anstosse. Es handelt sich um einen einmaligen Andrang oder einen zu ertheilenden Stoss, und es wird dabei stillschweigend

vorausgesetzt, dass jene Kraft jedesmal denselben Zeitabschnitt hindurch thätig gewesen ist. Denn jene momentane Wirksamkeit kann bei den verschiedenen Fällen der Dauer nach als nicht verschieden angesehen werden, und so enthält die Auffassung jener Kraft als Bewegungsgrösse implicite die Voraussetzung, dass die Kraft der Bewegung gleiche Zeiten hindurch gewirkt hat. Die vollständige Vernachlässigung jeder Zeitbestimmung ist bei dem unmittelbaren sinnlichen Eindruck des Andranges einer Abschätzung nach gleichen Zeitabschnitten äquivalent. Denn sie hat eben ihren Grund darin, dass der Einfluss der Dauer der Andrangsempfindung der Gleichheit dieser Dauer wegen nicht zum Bewusstsein kommt. Sobald wir bemerken, dass die Zeit hierbei eine Rolle spielt, heben wir auch diese Beziehung deutlich hervor. Dies geschieht beim Aufsuchen eines mathematischen Ausdrucks für den Zusammenhang jener Grössen. Wir sagen dann ausdrücklich, dass wir jene unmittelbare Wirkung („Kraft") des bewegten Körpers (Atoms) während der Zeiteinheit betrachten, und in diesem Sinne, bezogen auf die Einheit der Zeit, wollen wir sie jetzt kurzweg mit K bezeichnen. K ist also das, was wir die Andrangsempfindung der Bewegung genannt haben, betrachtet während der Einheit der Zeit. Da wir dieses K selbst als ein Quantum behandeln, so müssen wir natürlich auch für dieses eine Maasseinheit zu Grunde legen, welche im übrigen willkürlich gewählt ist, z. B. dasjenige K, welches durch ein bestimmtes Volumen irgend eines bestimmten Stoffes bei der Geschwindigkeit 1 (d. i. die Geschwindigkeit, vermöge deren die Wegeinheit in der Zeiteinheit zurückgelegt wird) ausgeübt wird. Die Messung geschieht in der Physik bekanntlich durch Gewichte, indem die Wirkung der Schwerkraft einen natürlichen Vergleichungspunkt abgiebt.

Vergleichen wir jene K genannte Grösse mit den usuellen Grössen der Mechanik, so können wir nunmehr den Namen „Kraft" für dieselbe gebrauchen. Denn jenes K, die in der Zeiteinheit als Andrang zum Bewusstsein kommende Wirkung der Bewegung, ist ja dasjenige, vermöge dessen der Körper

selbst wieder Bewegung hervorruft, also das, was man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch Kraft nennt. Ebenso kann diese Wirkungsfähigkeit aufgefasst werden als dem betreffenden Körper durch einen anderen bewegten Körper mitgetheilt; wenn man also auf die Art der Mittheilung nicht reflectirt, sondern nur darauf, dass jene Bewegung eine Ursache gehabt hat, so kann man ebenfalls sagen: Eine Kraft hat auf den Körper gewirkt und ihm jene Bewegung mitgetheilt. Da nun der Begriff „Kraft" wirklich in vielen Fällen eine grosse Vereinfachung des Ausdrucks ermöglicht und sicherlich aus der Mechanik und Physik nicht sobald verbannt werden wird, so wollen wir uns diesem Gebrauche ebenfalls anschliessen, aber noch einmal auf die kritische Entstehung des Kraftbegriffes aufmerksam machen. Danach ist Kraft nur ein Name für den unmittelbaren sinnlichen Eindruck, für den Impuls der Bewegung eines andringenden Körpers; insofern dadurch Bewegung unseres eigenen oder eines anderen Körpers hervorgerufen wird, ist Kraft auch Ursache einer Bewegung; nur hüte man sich, hierbei die Kraft als etwas in oder hinter der Materie Steckendes zu substantiiren, sondern man bedenke immer, dass Kraft nur ein Ausdruck ist für das empirisch Reale der Bewegung, für das eigenthümliche Wesen eines bewegten Körpers, insofern er selbst Bewegung zu ertheilen vermag [1]).

[1]) Man bemerkt, dass der Begriff des Stoffes gleichzeitig mit und durch diesen „Kraftbegriff" enstanden ist, indem wir eben das Undurchdringliche Stoff nannten. Da wir uns hier genöthigt sehen, diesen Kraftbegriff einzuführen, kann es scheinen, als müsste sich der durch dieselbe Empfindung entstandene Stoffbegriff in ihn auflösen lassen. Aber man vergesse nicht, dass wir gezwungen waren den Stoffbegriff bei der Verschmelzung unserer Sinnlichkeitssphären zu bilden, wodurch überhaupt erst eine Anschauung entstand und damit auch eine Anschaulichkeit dieses Kraftbegriffs. Wir würden niemals zu einer Anschauung kommen, wollten wir mit der Auflösung in Kräfte immer weiter gehen; die Natur unserer „Organisation" zwingt uns, bei einer bestimmten Stelle stehen zu bleiben und den Begriff des Stoffes zu bilden, wie oben ausgeführt wurde. Also hat F. A. Lange Recht, wenn er den Stoff für das erklärt, „was wir nicht weiter in Kräfte auflösen können oder wollen." (A. a. O. S. 205.) Nur legen wir den Nachdruck auf das „können." Wir können eben nicht anders, als die Welt in Raum und Stoff auffassen.

Die Physik unterscheidet nun zwischen momentan oder einmalig und zwischen constant oder dauernd wirkenden Kräften. Mit diesen Begriffen haben wir uns auseinanderzusetzen; denn der weitere Unterschied zwischen constant und veränderlich wirkenden Kräften ist ein unwesentlicher.

Kraft ist der Impuls, welchen ein Körper erhält oder ertheilt, und dieser Impuls ist selbst eine Empfindungsthatsache. Eine solche kann nur in der Zeit zu Stande kommen; auch der Impuls kann nur im Verlaufe der Zeit wirken, oder jede Kraft bedarf zu ihrer Mittheilung einer gewissen Zeit. In diesem Sinne fasst auch die Physik die momentan wirkenden Kräfte auf, nur wird die Zeit ihrer Wirkung als unendlich klein angenommen. Für uns ist es ganz gleichgültig, wie lange jener Impuls gewirkt hat; in dem Augenblicke, in welchem der Impuls zu wirken aufhört, besitzt der Körper nicht nur eine Geschwindigkeit von gewisser Grösse, sondern eben denjenigen Impuls, welcher während der verflossenen Zeit mitgetheilt werden konnte und vermöge dessen er fähig ist, einen quantitativ bestimmbaren Empfindungsandrang auszuüben. Dieser Impuls ist jetzt eine ganz bestimmte, die Bewegung des Körpers charakterisirende und von nun an durchaus unveränderliche Grösse. Die Grösse desselben hängt sowohl von der Särke des mitgetheilten Impulses als von der Dauer der Zeit, während welcher derselbe wirksam war, ab; das Endresultat aber ist an sich nicht mehr veränderlich, und der so bewegte Körper besitzt eine bestimmte und unveränderliche Bewegungswucht, $K.t_1$, vermöge deren er eine bestimmte Geschwindigkeit erreicht hat.

Betrachten wir den Körper, nachdem der Impuls zu wirken aufgehört hat, so ist, wie gesagt, seine Bewegung charakterisirt durch die constante Grösse $K.t_1$; betrachten wir ihn dagegen während der Dauer des Impulses, ohne diese selbst zu kennen, so nimmt der Impuls fortwährend zu; die Zeit ist keine definitiv gegebene, sondern eine variabele Grösse, in einem bestimmten Zeitmoment ist der ertheilte Impuls ausgedrückt durch $K.t$. Im ersten Falle pflegt man zu sagen: Eine momentane Kraft hat auf den Körper gewirkt und er ist jetzt sich selbst

überlassen; im anderen Falle: Eine constante Kraft wirkt auf den Körper.

Hier ist nun der Ort darauf aufmerksam zu machen, dass der Begriff einer constant wirkenden Kraft nur eine Folge jenes unzulässigen Kraftbegriffs ist, durch welchen man sich eine Kraft „mit Polypenarmen“ einen Körper aus der Ferne ziehen denkt. In der kinetischen Atomistik lösen sich vielmehr die für unsere sinnliche Anschauung constant wirkenden Kräfte in eine Summe von intermittirenden Impulsen auf. So hätte man sich die Schwerkraft als eine Summe von Stössen zu denken, welche durch die Atome des Weltäthers ausgeübt werden und undurchdringliche Körper gegeneinander treiben. Eine momentane Kraft würde also durch einen einmaligen Stoss, eine constante durch eine Reihe so rasch folgender Stösse repräsentirt werden, dass für unsere Sinnlichkeit der Charakter des Unstetigen verloren ginge. —

In beiden Fällen wird der Körper in jedem Zeitmoment eine bestimmte Geschwindigkeit besitzen. Hört die Wirkung des Impulses nach einer gewissen Zeit auf, so ist durch jene Grössen ein natürliches Maass der Bewegungsintensität gegeben; wirkt der Impuls constant, so muss man denjenigen in Betracht ziehen, welcher nach einer bestimmten Zeit erreicht ist; es sei dies die Zeiteinheit oder ein beliebiger Zeitabschnitt t_1. Immer erhalten wir eine dem bewegten Körper eigenthümliche, uns als Empfindungsthatsache unmittelbar gegebene und quantitativ zu schätzende Eigenschaft.

Die erlangte Geschwindigkeit v ist eine Function jener Grösse $K.t_1$; aber wir bemerken bald, dass bei gleichem K und t_1 doch nicht alle Körper dieselbe v erhalten; dass also die erlangte Geschwindigkeit nicht nur von dem ertheilten Impuls, sondern noch von etwas Anderem und zwar einer Eigenschaft des bewegten Körpers abhängig sein muss.

Von der uns unmittelbar gewiss gegebenen Grösse Kt_1 sondern wir nun den immer wiederkehrenden Factor der Geschwindigkeit (v) ab. Wir setzen $K.t_1 = v.M$, wobei M etwas dem Wesen nach uns gänzlich Unbekanntes bezeichnet. Dieses Unbe-

kannte nennen wir die Masse des Körpers oder Atoms, und die wissenschaftliche Definition der Masse ist also:

$$M = \frac{K.t_1}{v}.$$

Hier stehen auf der rechten Seite lauter Grössen, welche durch die Natur unserer Sinnlichkeit nothwendig gebildet werden. Die besondere Art ihrer Verknüpfung ist in gewissem Sinne willkürlich, aber eine natürliche Folge der Art, wie uns Bewegung erfahrungsmässig gewöhnlich entgegentritt; wir werden nämlich sehen, dass sich jenes Verhältniss $\frac{K.t_1}{v}$ für jeden einzelnen Körper bei veränderter K und v unverändert erhält. Zeit und Geschwindigkeit sind ganz ursprüngliche Begriffe, und dasselbe gilt von der Grösse K. Diese (K) ist uns dem Begriffe nach unmittelbar gegeben, und nur von ihr aus kommen wir zum Begriffe der Masse, nicht etwa umgekehrt, wie es z. B. A. Spir[1]) will. Alle Versuche, den Begriff der Masse als einen ursprünglichen herzuleiten, etwa aus dem Substanzbegriff, sind im Grunde verfehlt und mit der Kritik der Sinne nicht vereinbar. Der Begriff der Masse tritt überhaupt erst auf, sobald von einer Bewegung, und zwar jenem Bewegungsandrange ($K.t_1$) der Körper die Rede ist; er ergiebt sich als die im übrigen ihrer Natur nach unbekannte Ursache der Erscheinungsthatsache, dass Körper von gleicher Geschwindigkeit (und sogar von gleichem Rauminhalt) doch verschiedene Wirkungen hervorzubringen im Stande sind und das Verhältniss des Empfindungsandranges zur Geschwindigkeit für ein und denselben Körper constant bleibt[2]). Demnach ergiebt sich aber die Masse der Körper nun auch als ein Quantum, ausdrückbar durch bestimmte, schon festgesetzte Quanta des Raumes, der Zeit und jenes K, das wir jetzt in dem Producte $K.t_1 = M.v$ als „Bewegungsgrösse", „Quantität" oder „Moment" der Bewegung bezeichnen. Unter der Masseneinheit eines Körpers (Atoms)

---

1) Denken und Wirklichkeit. Leipz. 1877. II. S. 125 u. f.

2) So wird auch die Masse in den tiefer eingehenden Lehrbüchern der Physik definirt.

verstehen wir demnach diejenige Eigenschaft, vermöge deren er bei der Geschwindigkeit 1 in der Zeiteinheit 1 die (wie oben) festgesetzte Einheit des unmittelbaren Andranges (K) ausübt. Vergleichen wir Bewegungen verschiedener Körper für gleiche Zeiten, so erhält man aus $Kt = Mv$ und $K't = M'v'$ die Proportion $K : K' = Mv : M'v'$, d. h. die für gleiche Zeiten betrachteten Wirkungen einer Bewegung verhalten sich wie die Bewegungsgrössen. Ist G die nach der Zeiteinheit erlangte Geschwindigkeit, so ergiebt sich $K = G . M$ oder $M = \frac{K}{G}$.

Indem wir den Begriff der Masse in Beziehung setzen zu dem Raum, welchen die betreffenden Körper einnehmen, sondern wir aus demselben noch den Begriff der Dichtigkeit aus. Wir finden nämlich, dass Körper von gleichem Rauminhalt doch verschiedene Masse, d. h. ein verschiedenes Verhältniss der bei gleichem Antriebe erhaltenen Geschwindigkeiten zeigen, und das Verhältniss der Masse zum Volumen (R) nennen wir ihre Dichtigkeit (ϱ). So entstehen die Beziehungen $\varrho = \frac{M}{R}$ und $K . t = \varrho . R . v$. Die Dichtigkeit ist somit eigentlich die einzige neu gewonnene Eigenschaft der Materie, welche wir durch Zergliederung des Begriffes der Mittheilung der Bewegung aufgefunden und erzeugt haben. Darnach scheint es, dass die Atome (wie die Körper) verschiedene Dichtigkeiten besitzen können und also qualitativ von einander verschieden sind. Doch deutet die ganze Entstehung des Begriffs aus quantitativen Unterschieden darauf hin, dass wir es auch hier nur mit einem Quantum zu thun haben, und in der That lässt sich die Verschiedenheit in der Dichtigkeit der Stofftheilchen zurückführen auf eine verchiedene Anzahl von Atomen gleicher Dichtigkeit, welche in denselben vereinigt sind; so lässt sich das Verhältniss des eingenommenen zu dem wirklich erfüllten Raume immer so regeln, dass die verlangte Masse herauskommt. Es ist also die Masse der Materie auf eine Menge der Atome zurückgeführt und es bleibt als unveränderlicher und unauflöslicher Rest nur die Dichtigkeit dieser letzten Atome bestehen,

nämlich das Verhältniss $\varrho = \frac{K.t}{R.v}$, der nach der Zeit gemessenen Andrangsempfindung zum Volumen und der Geschwindigkeit der bewegten Stoffmenge; dies kann, wenn wir die Atome nur klein genug wählen, immer constant gemacht werden. Diese Dichtigkeit ist dasjenige, was den erfüllten Raum vom leeren unterscheidet; die erfüllten Räume der Atome sind nun in nichts von einander unterschieden, als durch ihre Grösse (und Form); die Unterschiede, welche bewegter Stoff zeigt, beruhen lediglich auf dem wechselnden Verhältniss der erfüllten zu den leeren Räumen, der Anzahl und Grösse der Atome zu dem von ihrer Gesammtheit eingenommenen Volumen. Dadurch sind alle Unterschiede der Materie auf quantitative Unterschiede zurückgeführt; auch der Begriff der Masse ist auf den des Raumes zurückgeführt und stellt sich als eine Beziehung zwischen Räumen verschiedener Grösse dar. Und hierauf beruht der unersetzbare Werth der kinetischen Atomistik für eine Erklärung der Natur auf einheitlichen Principien.

Beobachtet man nun, dass das einzige, was sich unserer unmittelbaren Erfahrung darbietet, die Andrangsempfindung, bei einer bestimmten Stoffmenge dieselbe bleibt, so kann eine Veränderung der Geschwindigkeit nur in dem Falle eingetreten sein, dass gleichzeitig die Masse im umgekehrten Verhältniss sich geändert hat. Hat sich die Masse nicht geändert, so kann auch die Geschwindigkeit — bei gleichbleibendem K — nicht variiren. Nun ist ja aber die Masse nur ein Verhältniss von erfüllten zu leeren Räumen, aus den eben entwickelten Gründen nur Stoffmenge; diese Stoffmenge bleibt aber für ein und denselben Körper seinem Begriffe nach constant, also die Masse ein und desselben Körpers kann sich (von selbst) nicht ändern. Wirklich war sie ja auch ihrem Begriffe nach der für einen bestimmten Körper aus dem Veränderlichen herausgesonderte constante Factor. Eine Veränderung der Masse würde nach den vorangehenden Ueberlegungen einer Neuerzeugung von Stoff, einem Hinzutreten von Atomen gleich kommen.

Wir untersuchen zunächst die Bewegung eines ein-

zigen isolirt gedachten Atoms. Da wir Dichtigkeit auf eine unveränderliche Einheit (die des Atoms) [1]) zurückgeführt haben, so kann sie sich bei der Bewegung dieses Atoms offenbar nicht ändern, sie ist ja überhaupt der Veränderung nicht fähig. Ebenso aber ist es klar, dass die einmal im Begriff erzeugte Bewegung eines einzelnen Atoms keineswegs willkürlich von uns aufgehoben werden kann; sie existirt für uns fort, so gut wie der Körper, dessen Begriff durch die Sinnlichkeit gezwungen wir erzeugen müssten, für uns als Körper fortexistirt. Die Bewegung beharrt. Dies ist auf unserem kritischen Standpunkte a priori klar, nicht nach dem „Satze vom zureichenden Grunde", weil man etwa keinen Grund einsehe, weshalb sie nicht beharren sollte, — sondern gemäss der phänomenalen Schöpferkraft unseres Ich, welche den ihr aufgedrungenen Begriff nicht wieder vernichten kann, bis ihr ein anderer Begriff aufgedrungen wird, der dazu im Stande ist.

Man bemerke wohl den durch den Phänomenalismus veränderten Standpunkt, der in dem veränderten Verhältniss von Sein und Denken seinen Grund hat. Es ist ähnlich, wie bei Besprechung des Begriffes vom Widerstand des undurchdringlichen Körpers und dem Satze vom Widerspruch. Auch hier handelt es sich nicht um ein logisches Gesetz, das physikalische Wirkungen hervorbringen soll. Aber es handelt sich um ein Gesetz, das der Bildung unserer Erfahrung zu Grunde liegt und darum mit den logischen Gesetzen allerdings in einer geheimen Beziehung stehen mag. Die Bewegung als eine Erscheinung in unserem phänomenalen Raume verharrt nothwendig in demselben; sie kann nur verändert werden wieder durch eine gleichartige Erscheinung in demselben Raume, welche erst durch eine nothwendig uns aufgedrungene Vorstellung erzeugt werden kann.

Was heisst das aber: die Bewegung eines Atoms verharrt?

---

[1]) Es braucht wohl kaum bemerkt zu werden, dass hierbei nicht an ein Atom irgend eines uns bekannten Stoffes gedacht ist, sondern an ein Elementaratom, welches zur Erklärung der Erscheinungswelt nach erkenntnisstheoretischen Principien von uns erschaffen wird.

Die Bewegung eines Atoms besteht für uns nicht etwa in dem Bilde eines bewegten Punktes (das wäre nur eine kinematische, wie wir sie willkürlich in der Phantasie erzeugen können; für sie gelten keine mechanischen Gesetze), sondern sie besteht kraft jener zweiten Sphäre unserer Sinnlichkeit, welche eben erst einer vorgestellten Bewegung Nothwendigkeit der Existenz verleiht [1]), in alle dem, was zur Bildung des Begriffs der Bewegung eines Körpers (Atoms) gehört; also nicht nur aus Geschwindigkeit und Richtung, sondern aus der Bewegungsgrösse. Diese Bewegungsgrösse, als das Wesen der Bewegung, verharrt, von dem Augenblicke an, in welchem die weitere Wirkung des Impulses unterbrochen wird. Wir betrachten den bewegten Körper erst vom Ablauf einer bestimmten Zeit t_1 an, nach welcher er die definitive Bewegungsgrösse $Kt_1 = Mv$ besitzt. Was alsdann unverändert beharren muss, ist die Bewegungsgrösse (nach der Zeit geschätzte Andrangsempfindung) und die Richtung; denn diese charakterisiren die Bewegung als die mit sich selbst identische. Es wäre also möglich, dass sich Geschwindigkeit und Masse änderten, wenn nur ihr Product dasselbe bleibt. Nun kann sich aber, wie schon gezeigt (S. 76), die Masse nicht ändern. Es muss also auch die Geschwindigkeit eines sich selbst überlassenen Atoms (Körpers) unverändert dieselbe bleiben. Desgleichen muss die Richtung der Bewegung verharren, denn eine Bewegung hat immer ihrem Begriffe nach eine bestimmte Richtung; sobald an dem Begriffe derselben mit der Zeit nichts mehr geändert wird, kann auch dem Begriffe des Beharrens nach sich die Richtung nicht mehr ändern. Die Richtung verharrt also; verharrende Richtung giebt es aber dem Begriffe nach nur in der geraden Linie. Demnach erhalten wir das Axiom von der Beharrung der Bewegung oder der Trägheit der Körper in der gebräuchlichen Form:

Ein in Bewegung begriffener sich selbst überlassener Körper (Atom) bewegt sich mit constanter Geschwindigkeit in gerader Linie.

---

[1]) Siehe W. Goering, Raum und Stoff. S. 290.

In Bezug auf die letzte Darlegung machen wir darauf aufmerksam, dass wir nicht etwa in folgendem circulus vitiosus geschlossen haben: Die Richtung muss beharren, weil die Bewegung beharrt; folglich beharrt die Bewegung, weil die Richtung beharrt. Denn die Beharrung der Bewegung oder die Trägheit der Körper soll durchaus nicht mehr bewiesen werden; sie ist vielmehr vorausgesetzt als ein unmittelbar gewisses Ergebniss unserer Naturauffassung, welche den Begriff des beharrenden Momentes oder Antriebes der Bewegung nothwendig bildet. Die daran geschlossene Entwickelung sollte nur dazu dienen, aus diesem bereits gefundenen Grundbegriffe das Axiom in seiner gewöhnlichen Form herzuleiten.

Aus dem so gefundenen Axiom ergiebt sich als ein specieller Fall der noch einfachere, in welchem die Geschwindigkeit gleich Null ist, d. h. der Satz: Ein in Ruhe befindlicher Körper bleibt in Ruhe, bis ihm eine Bewegung ertheilt wird.

In dem eben abgeleiteten Trägheitsgesetze ist nun schon das dritte wichtige Axiom der Bewegung als eine unmittelbare Folgerung mit enthalten. Dieses lautet:

Eine Bewegung kann nur aufgehoben werden durch eine gleich grosse ihr entgegengesetzte.

Es ist nur zu bemerken, dass bei der Schätzung der Bewegung wie bisher immer der „Andrang“, d. h. die Bewegungsgrösse, das Product aus Geschwindigkeit und Masse, in Betracht kommt. Denn wieder nach der aus unserer Sinnlichkeit direct fliessenden Schätzung müssen wir immer der einen oder der anderen Bewegung einen Ueberschuss und ein Beharren zugestehen, sobald sie nicht beide an Grösse einander gleich sind. Nur dann fühlen wir nicht den einen der Körper zurückgedrängt, sondern ihre Bewegung geht in Ruhe über. Die dynamische Beziehung verwandelt sich in eine statische und das Axiom von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung tritt in Kraft.

Schon aus den hier dargelegten Principien lassen sich die Gesetze des (sogenannten unelastischen) Stosses herleiten. Unter der Voraussetzung, dass für die Mittheilung der Bewegung

ein Maass nothwendig existiren muss, hat unter Anderen neuerdings A. Spir[1]) die Gesetze dieser Mittheilung entwickelt, nur dass bei ihm fälschlich die Masse statt der Bewegungsgrösse als Grundmaass angenommen ist. Nun haben wir aber gezeigt, dass die Voraussetzung der Beharrung der Bewegung und ihrer Aufhebung durch eine gleich grosse und entgegengesetzte nothwendig besteht, wobei das Maass der Bewegung das Product aus Geschwindigkeit und Masse ist; und daraus ergiebt sich schon unmittelbar der Satz:

Beim Stosse bleibt die Summe der Bewegungsgrössen constant.

Es kann eben unter den angegebenen Umständen die Summe der Bewegungsgrössen auf keine Weise geändert werden, wie das u. A. H. Klein nachgewiesen hat[2]).

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine Aufhebung der Bewegung nur dann eine Folge des Stosses sein könnte, wenn wir die Intensität desselben nur in der bis jetzt untersuchten Weise zu schätzen hätten, nämlich nach der Zeitdauer der Andrangsempfindung und mit Berücksichtigung der Richtung des Stosses. Denn die Summe der Bewegungsgrössen bleibt nur insofern constant, als man jeder Geschwindigkeit das auf ihre Richtung bezügliche Vorzeichen giebt, letztere alle in einem bestimmten Sinne genommen. Die Schätzung durch die Andrangsempfindung aber geschah nur in Hinsicht auf die gleiche Zeitdauer, d. h., die beiden entgegengesetzt bewegten Körper halten sich das Gleichgewicht beim Stosse (vernichten ihre Bewegung), wenn sie gleiche Zeiten gebraucht hätten, ihre Bewegung gegenüber unserem Körper zu vernichten, wodurch eine bestimmte Dauer und Intensität der Andrangsempfindung entstanden wäre. Nun lässt aber die Intensität des Stosses oder der Bewegung noch eine zweite Abschätzung zu nach der Wegstrecke, auf welcher der bewegte Körper jene Andrangsempfindung hervorzurufen vermöchte.

---

1) Denken und Wirklichkeit. Leipz. 1877. 2. Bd., S. 129.

2) Die Principien der Mechanik. Leipz. 1872. S. 110.

Beurtheilen wir also die Bewegung nicht nach der Zeitdauer, während welcher sie eine Andrangsempfindung von bestimmter Grösse hervorrufen kann, sondern nach der Länge des Weges, auf welchem dies geschieht, so haben wir ein anderes Kraftmaass, und es ist fraglich, ob eine Aufhebung dieser Bewegungsintensitäten möglich ist. Wir werden sehen, dass sie nicht möglich ist. Denn bei dieser Betrachtung spielt die Richtung des Stosses keine Rolle mehr. Statt der Andrangsempfindung, welche für uns das unmittelbar Thatsächliche ist, können wir nun nach jenem schon früher benutzten Gesetze der Uebertragung auch den Ausdruck „Ueberwindung eines Widerstandes" setzen. Denken wir uns zwei bewegte Atome aus entgegengesetzten Richtungen begegnen mit der Fähigkeit, eine bestimmte Zeit hindurch denselben Widerstand zu überwinden, so ist es anschaulich, dass bei ihrer Begegnung jedes gleiche Zeit hindurch denselben Widerstand zu überwinden hat, dass also keine Bewegung vor sich gehen kann. Haben diese Atome aber die Fähigkeit, gleiche Strecken hindurch gleichen Widerstand zu überwinden, so fragt man, wie sich diese Fähigkeit bei ihrem Stosse documentiren soll, da die Undurchdringlichkeit der Atome die weitere Fortbewegung in derselben Richtung hemmt. Jene Wirkungsfähigkeit wird also auf irgend einer anderen Strecke zum Ausdruck kommen und die Bewegung wird in irgend einer anderen Art fortgesetzt werden.

Um nun hierüber bestimmte Vorstellungen bilden zu können, ist es nothwendig, auf das zu Grunde gelegte Maass näher einzugehen. Wir hatten gefunden, dass die unmittelbare Bewusstseinsthatsache, die Andrangsempfindung eines bewegten Körpers, quantitativ ausgedrückt wird durch die Beziehung $K.t = M.v$. Dabei war K der in der Zeiteinheit ertheilte Bewegungsimpuls, und wenn man jenen Gesammtimpuls nach gleichen Zeiten für verschiedene Körper verglich, fand man als Maass das Product Mv. Wir wollen nun nachsehen, welche Bewegungsimpulse sich angesammelt haben, wenn wir die Vergleichung nicht anstellen nach gleichen Zeiten sondern nach gleichen Wegstrecken s. Wir erhalten dadurch das Maass für

die Wegstrecken, welche von verschiedenen Körpern kraft der ihnen innewohnenden K zurückgelegt werden können, und wir nennen das Product $K.s$ die Arbeit des bewegten Körpers. Vergleichen wir jene Beziehung $K.t = M.v$ mit jener, welche sich hieraus für die Zeiteinheit ergiebt, nämlich $K = M.G$, so findet man $v = G.t$, d. h. die Geschwindigkeit wächst proportional der Zeit, wenn derselbe Körper constant wirkenden Impulsen unterworfen ist. Hieraus findet man auf bekanntem Wege die während der Zeit t zurückgelegte Wegstrecke $s = {}^1/_2\, G t^2$. Bildet man nun das Product $K.s$, so ergiebt sich aus den voranstehenden Formeln $K.s = {}^1/_2\, M v^2$. Dies ist das Kräftemaass des Leibnitz, welches man die lebendige Kraft oder Energie der Bewegung nennt; ein Vergleich für zwei verschiedene Körper bei gleicher Wegstrecke ergiebt

$$K : K' = M v^2 : M' v'^2.$$

In dem Ausdrucke $K.s = {}^1/_2\, M v^2$ haben K, M und v dieselbe Bedeutung wie in $K.t = M.v$.

Betrachtet man nur ein einzelnes, sich selbst überlassenes Atom, so muss wegen der Beharrlichkeit von M und v auch die Energie der Bewegung dieselbe bleiben; es ist dies eine Folgerung aus der Erhaltung der Bewegungsgrösse eines sich selbst überlassenen Atoms.

Bedeutungsvoller aber wird die Erhaltung der Energie, wenn wir ein ganzes System von einander stossenden Atomen in Betracht ziehen. Der einmal erzeugte Begriff der Arbeit oder der Energie der Bewegung kann eben so wenig verloren gehen wie der des Körpers. Zwar auch die Bewegungsgrösse müsste sich erhalten; aber diese konnte aufgehoben werden durch eine gleiche in entgegengesetzter Richtung. Dies ist, wie schon bemerkt, bei der Energie der Bewegung nicht möglich, weil dieselbe nach der Wegstrecke geschätzt wird, auf welcher ein simultanes Entgegenwirken zweier Atome nicht denkbar ist. Die Energie kann hier nur dadurch von einem Atome verloren werden, dass sie im Laufe einer Strecke durch wiederholte Impulse an andere Atome abgegeben wird. Dann ist sie aber in diesen vorhanden. Während also im ganzen Systeme die Be-

wegungsgrössen in ihrer Summe nur constant bleiben. insofern man ihre Vorzeichen berücksichtigt. bleibt die Summe der lebendigen Kraft des Systems ($\Sigma\, {}^1/_2\, m v^2$) constant ohne jede Rücksicht auf die Richtung der Bewegung. wie dies der analytische Ausdruck, welcher v im Quadrat erhält, auch anzeigt.

Obwohl die lebendige Kraft im ganzen System unverändert bleibt, so kann sie doch in einzelnen Theilen desselben vermehrt oder vermindert erscheinen, je nachdem Richtung und Gewalt der Stösse zusammenwirken zu einer anderen Vertheilung der Geschwindigkeiten. Wenn so die Energie in einem Theile des Systems zu verschwinden scheint, so sagt man, sie sei potentiell geworden, und wenn sie in jenem Theile wieder auftritt, so spricht man von einer Umsetzung der potentiellen Energie in kinetische. Das sind nun freilich bloss Worte, die für die Bequemlichkeit des Ausdrucks ganz gut sein mögen. Der Unterschied zwischen potentieller und kinetischer Energie (so lange man nicht an einen Unterschied von Massen-, Molecular- und Atombewegung denkt) verliert seine Bedeutung, wenn man auf die kinetische Atomistik zurückgeht und von dem unzulässigen Begriff der fernwirkenden Kräfte absieht. Diese fernwirkenden Kräfte werden nämlich gewissermaassen im Raume localisirt vorgestellt, so dass jeder Raumtheil seine Portion Kraft enthält, mit welcher sich ein hindurchgehender Körper herumzuschlagen hat; wird nun seine Bewegung langsamer, so verzehrt er kinetische Energie, und wird sie rascher, so giebt er sie wieder von sich. Nun, dieser Kraftbegriff muss nothwendig beseitigt werden! Die strengere und anschauliche Vorstellung ist die, dass die an einer Stelle des Raumes verloren gegangene Energie an irgend welchen anderen Stellen vertheilt ist, im Laufe der Zeit aber wieder einmal an jenem ersten Orte hervortreten kann. Die fortwährenden Stösse der Atome bewirken diese Vertheilung der Energie. Vor allen Dingen vermeide man aber die Vorstellung, dass der Stoss zweier Atome eine vollständige Vernichtung ihrer Bewegung hervorbringen könne. Ihre Bewegungsgrössen können sich

unter Umständen in die entgegengesetzten verwandeln, sie können Null zur Summe haben — die Summe der Energie bleibt jedoch unverändert. Dies ist das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Auf die Folgerungen hieraus für den Stoss der Atome kommen wir noch einmal zurück. Näher auf dies so vielfach behandelte Gesetz einzugehen, glauben wir unterlassen zu dürfen. Obwohl es empirisch immer nur angenähert beweisbar ist, zweifelt doch Niemand an seiner unverletzlichen Geltung.

Schliesslich bleibt uns noch eine Bemerkung übrig über die Bedeutung des statischen Drucks. Auch die Vorstellung dieses statischen Drucks hängt eng zusammen mit der Vorstellung der fernwirkenden Kräfte. Man wird nämlich sagen: Wenn wir die Kraft nur schätzen nach dem Bewegungsandrange, welcher durch das Product aus Geschwindigkeit und Masse geschätzt wird, wie kann ein ruhender Körper, welcher doch die Geschwindigkeit Null hat, eine Kraft, nämlich einen Druck, ausüben?

Wir antworten einfach: Das kann er auch gar nicht. Ein ruhender Körper an sich kann keinen Druck ausüben; dazu gehört, wie man weiss, eine Kraft, welche denselben gegen seine Unterlage drückt. Diese Kraft ist nun nach der gewöhnlichen Vorstellung überall zu haben, z. B. als Schwerkraft. Man hat dann die eigenthümliche Vorstellung von einer Kraft (also einer Ursache der Bewegung) welche wirkt, und doch keine Wirkung hervorbringt. Vom Standpunkte der kinetischen Atomistik klärt sich die Sache auf. Jener Druck wird ebenfalls hervorgerufen durch Bewegung, nämlich durch das Anprallen der die scheinbar anziehende Kraft hervorbringenden Atome. Der statische Druck also (vom Luftdruck ist dies ja allgemein anerkannt) wird ebenfalls durch bewegte Atome hervorgebracht. Zwei Körper drücken nur deswegen gegen einander, weil sie von entgegengesetzten Seiten gestossen werden, und sie halten sich das Gleichgewicht, wenn die Summe der Impulse auf beiden Seiten in gleichen Zeiten gleich gross ist. Daraus ergiebt sich auch das Maass für die stati-

schen Kräfte, die Gleichheit der Gewichte. Denn diese sind nichts anderes, als ein Maass für die Andrangsempfindung, letztere nach der Zeit geschätzt. Damit wäre denn auch die scheinbare Verwirrung von Statik und Dynamik beseitigt; in der kinetischen Atomistik giebt es keine Statik. Ruhe der Körper, ja der Molekel, ist nur scheinbar; unablässig arbeiten die Atome.

Bevor wir nun dazu übergehen, die entwickelten mechanischen Principien speciell auf die letzten Anschauungen der Atomistik anzuwenden, haben wir zunächst noch einige allgemeine Bemerkungen und Erläuterungen hinzuzufügen.

VII.

Das Apriori in der Physik.

Zu einer befriedigenden Einsicht gelangt der menschliche Geist vorzugsweise in solchen Problemen, bei denen das Quantitative eine Rolle spielt; aber gerade solche Probleme setzen zu ihrer Erkenntniss eine entwickelte Wissenschaft voraus und werden darum erst spät mit Erfolg behandelt [1]. So ist es den im vorigen Abschnitt besprochenen Principien der Mechanik ergangen, insoweit sie quantitative Messung erfordern, und es drängt sich die Frage auf: Wie können jene Principien als nothwendige aus der Natur unserer Organisation fliessende Gesetze Gewissheit a priori haben, wenn sie doch erst in einem späten Verlaufe der Wissenschaft, zum Theil erst in neuester Zeit erkannt worden sind?

Insofern hier darnach gefragt ist, wie so die empirisch erkannten Gesetze Gewissheit a priori haben können, bedarf es einer näheren Betrachtung. Wer jedoch geneigt ist, die ganze Natur der vorliegenden Entwickelung misszuverstehen, der könnte auch auf die Idee kommen die Frage so zu stellen: Müssten nicht, wie der Raum- und Stoffbegriff mit der ersten menschenartigen Bewusstseinsthätigkeit, so auch die Principien der Mechanik uns unmittelbar aus unserer Natur bewusst

---

[1]) Vergl. W. Wundt. Die Axiome der Physik. Erlangen, 1866. S. 59.

werden, wenn sie in derselben wirklich nothwendig begründet sind?

Dieser Einwurf, welcher, wie man sofort sieht, eine völlige Verkennung des Standpunktes enthält, erledigt sich durch folgende mit demselben Rechte gestellte Gegenfrage: Müssten nicht mit der ersten menschenartigen Bewusstseinsthätigkeit nicht nur die Axiome des Euklid, sondern auch der binomische Lehrsatz, die Theorie der Raumcurven etc. sofort vorhanden sein, da sie doch nothwendige Ergebnisse der Art unserer Grössen- und Raumanschauung sind?

In diesem Beispiel leuchtet das Widersinnige ein. Wir müssen überlegen, wie das Bewusstsein überhaupt zur Bildung von Begriffen geführt wurde. Immer geschah dies durch einen Fortschritt der Erfahrung, d. h. durch die Nothwendigkeit, die Mannichfaltigkeit des empirischen Materials nach den Gesetzen des Bewusstseins zu ordnen. Erst als dieses Material nicht mehr mit den bereits gebildeten Begriffen bewältigt werden konnte, berücksichtigte man das quantitative Element, und nun entstanden allmählich die bekannten Grundlagen der Mechanik, und damit eine Wissenschaft, welche berufen ist Grundschema aller Wissenschaften zu werden. Es handelte sich nicht mehr darum, die einzelnen, unmittelbaren Sinneseindrücke und die dadurch entstandenen Begriffe einfach als mehr oder weniger zusammenhängende Thatsachen aufzunehmen, sondern den ganzen Complex derselben aus einheitlichen Gesichtspunkten zu verstehen. Die Messungen aber hatten hier neue Gesetze dargethan, d. h. die genaue Verfolgung der Wahrnehmungen hatte darauf geführt, dass in denselben eine Gesetzmässigkeit besteht, welche — wie wir jetzt wissen — wesentlich herrührt von der Art, wie wir immer in gleicher Weise den Begriff einer Aussenwelt bilden müssen. Da wir nun durchaus nicht wissen können, wie diese gesetzmässige Auffassung an sich in uns (als Noumenon) zu Stande kommt, vorläufig auch noch nicht wissen, wie sie physiopsychologisch zu Stande kommt, d. h. wie sie in demjenigen, was uns phänomenal als unsere Organe erscheint, vermittelt ist, — so bleibt uns, um einen Ausdruck für jene Ge-

setze zu finden, nichts übrig als so sie auszusprechen, wie es die realistische Naturwissenschaft thut. Dadurch ergiebt sich der Schein, als ob jene Vorgänge an den Atomen selbst stattfänden und diese ausserhalb unseres Bewusstseins in der Form von im Raume bewegten Dingen existirten, während wir doch nur von der Existenz des Begriffes von Dingen an sich, nicht aber von der Natur der letzteren etwas wissen. Die vorliegende Schwierigkeit trifft natürlich die ganze Betrachtung, weil nur zu sehr die Verwechselung mit einer transcendenten Welt nahe liegt.

Wenn empirisch nachgewiesen ist, in welcher Art wir die quantitativen Beziehungen der Bewegung zu denken haben, dann kann auch die Philosophie fragen, warum wir dieselben in dieser Weise denken. Aber man muss erst wissen, dass solche Gesetze bestehen, ehe man sie mit bleibendem Erfolge deduciren kann [1]). Denn die Feststellung des quantitativen Elementes in ihnen erfordert eine sorgfältige experimentale Beobachtung. Andererseits aber erhalten die empirischen Gesetze ihre Gewissheit erst durch ihre Beziehungen auf den subjectiven Factor, welcher stets in unsere Erkenntniss eingeht, und den wir wiederholt als das „Apriori" bezeichnet haben. Allerdings müssen wir diesen Begriff nicht ganz in dem Sinne fassen, wie er vom Rationalismus gebraucht wird. Wir meinen nicht, dass das a priori Seiende ein „Früheres" der Erfahrung gegenüber sei, sondern wir stimmen insofern ganz mit C. Göring [2]) überein, dass der objective und subjective Factor gleichzeitig in der Erkenntniss verbunden sind. Wir können ohne Empirie die Gesetze nicht finden, aber wir können sie ohne das Apriori nicht endgültig beweisen.

---

[1]) So hat zwar Leibnitz das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft deducirt; Johann Bernoulli war der Ansicht, dass man das Gesetz verdunkele, wenn man es beweisen wolle; aber seine Bedeutung hat es erst erhalten, als man im 19. Jahrhundert seine allgemeine Gültigkeit experimental nachwies; seine unbezweifelte Sicherheit verdankt es trotzdem nicht der empirischen Physik.

[2]) System der kritischen Philosophie. Leipz. 1875. II, S. 247 u. 248.

Ueberhaupt ist es nicht gerechtfertigt, hierbei an einem Gegensatze von empirischen und apriorischen Erkennen in so strenger Weise festzuhalten, wie es gewöhnlich geschieht; ja es ist geradezu unmöglich, diese beiden Elemente zu trennen. Wir haben darauf oben schon hingedeutet. Wir lernen eben die Art, wie wir aus unserer Natur heraus nothwendig Erfahrung bilden müssen, erst durch Erfahrung kennen; insofern ist alle Erkenntniss empirisch; wir können aber Erfahrung nur bilden vermöge der in uns liegenden Art zu erkennen, und insofern ist alles Erkennen a priori, — beide Erkenntnissthätigkeiten sind völlig reciprok, keine ohne die andere möglich, und das um so mehr, als thatsächlich die formale Erzeugung unserer Aussenwelt und das Erkennen derselben aus derselben einheitlichen Wurzel stammen. Was die Zurechtlegung dieser Verhältnisse, insbesondere auch die Abgrenzung zwischen empirischer Naturwissenschaft und deductiver Naturphilosophie erschwert, ist eben das vergebliche Bemühen, eine solche Grenze zu finden, wo unsere „Selbstbesinnung" aufhört und die „Erfahrung" anfängt. Nirgends existirt eine solche Grenze — nur die Stärke, mit welcher die eine oder andere Art des Erkennens uns bewusst wird, bildet hier eine Scheidung. In diesem Sinne ist es auch nur mit Vorbehalt gestattet, von Axiomen der Physik zu sprechen. Wir machen somit hier eine entschiedene Schwenkung nach der empiristischen Seite, obgleich wir in den vorhergehenden Abschnitten gerade den rationalistischen Standpunkt betont haben. Dies hatte dort seinen guten Grund, weil es hauptsächlich darauf ankam, den realistischen Neigungen der Physik entgegenzutreten und hervorzuheben, dass wir es bei dem physikalischen Erkennen mit Erscheinungen und Gesetzen zu thun haben, welche zum guten Theile von unserem Selbst abhängig sind. Ohne uns zu widersprechen können wir nunmehr auch dem objectiven Factor der Erkenntniss sein Recht werden lassen und den Einfluss der Erfahrung auf die Gestaltung der Formen unserer Naturauffassung zugeben. Unsere Organisation ist eine gewordene, also von jener Wechselwirkung bedingt; wir aber betrachten die Erfahrung, wie sie

der Physiker unserer Zeit machen muss. Hier haben wir das vorläufig abgeschlossene Resultat eines Processes, welchen selbst wir nicht untersuchen, und in diesem Resultate finden wir jenen Rest ganz bestimmter Normen, welche unser Weltbild bedingen und den wir in diesem Sinne wohl als „Apriori“ bezeichnen dürfen. Wie auch derselbe entstanden sei, er ist das Erbtheil, mit welchem wir rechnen müssen und die vorläufig unvermeidliche Grundlage und Bedingung aller Erfahrung.

Die Axiome wie die Lehrsätze der Physik fliessen aus derselben Quelle, in welcher apriorische und empirische Elemente in gleicher Weise vermischt sind. Nur sind wir uns bei den Axiomen nicht mehr des Beitrages der Erfahrung zu ihrer Entstehung bewusst, während bei den Lehrsätzen das durch Beobachtung gewonnene Resultat Jedem in die Augen springt. Jeder sieht, dass sie ohne letztere nicht hätten gewonnen werden können, aber er vergisst, dass sie auch nicht gewonnen werden konnten ohne die der menschlichen Gattung eigenthümlichen Anlagen der Sinnlichkeit, durch die allererst Erfahrung möglich wird. Bei den Axiomen aber, als bei den einfachsten Sätzen, finden wir uns vielfach innerhalb einer Erfahrung, welche nicht mit Bewusstsein gewonnen wurde, sondern sich auf die in der ersten Kindheit erworbenen Begriffe bezieht; gerade diese Begriffe aber sind es, welche das Bewusstsein unseres Ich und das einer Körperwelt um uns erzeugen und so eine nothwendige Erfahrung ausmachen, durch die erst der Mensch zum Menschen und die Welt zur Welt wird. Wir können also, wenn wir solche Begriffe, wie den des Raumes, der Undurchdringlichkeit, der Bewegung etc. unmittelbar aus unserem Bewusstsein entnehmen, einige Sätze wirklich a priori deduciren. Nur vergessen wir dann, wie jene Begriffe in unser Bewusstsein gekommen sind, nämlich offenbar doch auch nur durch die Verschmelzung der Sphären unserer Sinnlichkeit bei ihrer Afficirung durch ein Etwas, das in Folge dessen als Welt vorgestellt wurde, also doch auch mit Hülfe der Erfahrung, die sich in gleicher Weise auf das *Erfahrene* wie auf den *Erfahrenden* bezieht.

Da die so gefundenen Begriffe und Gesetze nothwendige Folge unserer Organisation sind, so dürfen wir uns auf sie als Grundlagen aller Naturerkenntniss berufen, und wo Erfahrung ihnen zu widersprechen scheint, flieht der Verstand zu ihnen als einem Normativ unseres Erkennens, indem er ihnen eine viel sicherere Begründung zuspricht, als spätere Erfahrung zu geben vermag. Und wenn man näher zusieht, stellt es sich dann heraus, dass die beobachtete Ausnahme nur eine scheinbare war.

Liebmann[1]) will zwar die Gesetze der Phoronomie als apodiktische gelten lassen (S. 236), bestreitet aber die Apriorität der mechanischen Principien, insbesondere des Trägheitsgesetzes (S. 277). Er hält dasselbe für eine Hypothese von höchster Wahrscheinlichkeit, die weder als evidentes Axiom noch als demonstrables Theorem apodiktische Geltung besitzt. Der Herleitung von Kant und Anderen wirft er eine petitio principii vor, welche darin liegen soll, dass man bereits wissen müsse „dass es in der Natur des sich selbst überlassenen Körpers liege, nicht krummlinig und nicht mit ab- oder zunehmender Geschwindigkeit zu laufen.“ Dabei übersieht aber Liebmann, dass man dies in der That wissen könne; freilich nicht, insofern es in der Natur des Körpers liegt — denn darin liegt es gar nicht — sondern insofern es in der Natur unseres Begriffs von der Bewegung liegt, d. h. in der Art und Weise wie wir den Begriff der Bewegung überhaupt erzeugen. Hierbei muss man eben auf jene unmittelbare Thätigkeit unserer Sinnlichkeit Rücksicht nehmen, wie wir es im vorhergehenden Abschnitt erörtert haben. Will man diese Herleitung des Satzes als auf Empirie gegründet bezeichnen, so erklären wir den Streit mit Rücksicht auf das vorhin Dargelegte — innerhalb dieser Untersuchung — für einen Wortstreit, über dessen Entscheidung sich nicht weiter debattiren lässt.

Wenn man aber solche Fundamentalgesetze aller Naturerklärung wirklich in keiner Weise nachweisen kann, und sie

---

[1]) Zur Analysis der Wirklichkeit. Strassburg 1876.

doch nicht als falsch annehmen darf, ohne alle Wissenschaft umzustossen, so liegt der Gedanke nahe, dass sie ihren Ursprung an einer Stelle haben, welche uns zwar unzugänglich, dennoch aber Grundlage aller Wissenschaft ist, nämlich in uns selbst. Denn in der Erfahrung treten sie niemals rein auf, sondern immer gestört durch tausend andere Bedingungen. Wir bilden also offenbar Gesetze mit Hülfe der Erfahrung, denen wir eine ideelle Geltung beilegen [1]). Wir fühlen uns gezwungen, eine Welt mit solchen Gesetzen zu erschaffen, um eine Naturerklärung zu ermöglichen, und darum nennen wir diese Gesetze mit Recht „Naturgesetze."

---

[1]) Die hier gegebenen Ausführungen sind inzwischen durch die während des Druckes erschienenen gründlichen Untersuchungen von B. Erdmann „Axiome der Geometrie etc." in gewisser Hinsicht überholt worden. Obwohl unser Standpunkt ein streng subjectivistischer ist, halten wir denselben doch im Grunde mit dem Erdmann'schen vereinbar, mit welchem wir vielfach übereinstimmen. Wenn auch Festigkeit und Bewegung nach Erdmann empirische, nicht apriorische Begriffe sind, so schliesst dies nach dem oben Gesagten doch nicht aus, dass wir jene Begriffe als fundamentale betrachten, ohne welche unser Weltbild und unsere Welterklärung gar nicht zu Stande kommen können. Sie sind in der gegenwärtigen Epoche menschlicher Entwickelung zu subjectiven, für die Menschheit generischen Grundlagen der Naturauffassung geworden. Wir haben das Recht, unseren subjectivistischen Standpunkt festzuhalten, weil sich in keiner Weise entscheiden lässt, was und wie viel bei der Bildung jener Begriffe das stets unbekannte Transcendente beiträgt. Unsere Sinnlichkeit reagirt auf die verschiedensten Reize in vielen Fällen gleichartig; einer ungebildeten Wahrnehmung verschwinden feinere Unterschiede und veränderte Empfindungen werden als identische bemerkt. In dieser Weise ist es leicht denkbar, dass durch die Natur unserer Erkenntnissthätigkeit aus unserem Verkehr mit dem Transcendenten ein Weltbild ausgeschieden wird, in welchem der Einfluss des Subjects durchaus überwiegt. Wir haben daher keinen Grund an der Geltung der gefundenen Grundbegriffe der Physik zu rütteln, vielmehr können wir ohne Widerspruch für dieselben den Erdmann'schen Ausdruck „empirische Ideen" adoptiren. In dem Worte „Ideen" ist der subjective Factor angedeutet, mehr verlangen wir nicht. Diese empirischen Ideen, welche sich in der empirischen Welt nicht verwirklicht finden, sie sind realisirt in der Welt der Atome, in unserer kinetischen Atomistik. Diese ist selbst eine empirische Idee, als solche mit Nothwendigkeit erschaffen zur Erklärung der Welt. Dies nachzuweisen war unsere Aufgabe.

Wer garantirt uns das Gesetz von der Erhaltung der Materie und von der Erhaltung der Kraft, während doch in den entferntesten Sternenräumen stündlich ganze Welten von Stoff und Kraft ins Nichts verschwinden könnten, ohne dass unsere feinsten Instrumente es anzuzeigen vermöchten? Alle Erfahrung versagt an den Grenzen unserer Sinne, und nur die welterschaffende Kraft unseres Selbst verbürgt der Natur unerschütterliche Gesetze.

Vortrefflich sind die Bemerkungen, welche W. Wundt (a. a. O.) über die Deduction der physikalischen Axiome macht, obwohl wir uns mit seiner Deduction nicht einverstanden erklären können. Dies beruht auf der Vorstellung, welche wir von der Entstehung des Begriffs der Körperwelt haben. Während W. Wundt keine Schwierigkeit dabei findet, von einer Wirkung durch die Ferne zu sprechen und dieselbe seiner Ableitung zu Grunde zu legen, müssen wir diese Vorstellung von vornherein verwerfen. Wir müssen die Gesetze der Atombewegung herleiten aus unserer Sinnlichkeit in Verbindung mit dem Causalgesetze, und wurden dadurch auf eine Reihe von Sätzen geführt, die wir hiermit nochmals zusammenstellen. So weit dieselben die Bewegung anbetreffen, stimmen sie natürlich mit den allgemein als geltend angenommenen Grundsätzen überein.

Folgenden Begriff der phänomenalen Welt erhalten wir als nothwendige Grundlage einer Naturerklärung:

Die Welt besteht aus bewegten Atomen.

Die Atome sind räumlich (körperlich) ausgedehnt, undurchdringlich, unveränderlich, untheilbar, starr.

Sie sind verknüpft durch folgende (aus oben angegebener Quelle fliessende) Gesetze:

Bewegung kann nur mitgetheilt werden durch unmittelbare Berührung (Stoss).

Jeder Wirkung entspricht eine gleiche Gegenwirkung.

Ein in Bewegung begriffenes, sich selbst überlassenes Atom bewegt sich mit constanter Geschwindigkeit in gerader Linie.

Eine Bewegung kann nur aufgehoben werden durch eine gleich grosse ihr entgegengesetzte.

(Die Grösse der Bewegung $[K(t_1) = M.v]$ ist nebst der Richtung als Empfindungsthatsache im Begriff der Bewegung unmittelbar gegeben.)

Beim Stosse der Atome bleibt die Summe der Bewegungsgrössen constant.

Die Energie der Bewegung ist constant.

VIII.

Der Begriff der Elasticität und der Stoss der Atome.

Das Resultat unserer Untersuchung ist eine kinetische Atomistik. Wir erzeugen nothwendig den Begriff von bewegten Atomen, welche sich ihre Bewegungen nach den Gesetzen des Stosses mittheilen.

Enthält denn aber eine solche Atomistik nicht im Grunde noch einen Widerspruch oder wenigstens einen Regress in infinitum? Die kinetische Atomistik, wie sie z. B. neuerdings der Theorie der Gase zu Grunde gelegt wurde, setzt doch den elastischen Stoss der Atome voraus, welche sich wie kleine elastische Bälle verhalten müssen; also müssen doch die Theile der Atome verschiebbar sein! Ist das nicht ein Widerspruch?

Diese Einwürfe [1]), welche, wenn berechtigt, unsere Atomistik allerdings aufs tiefste verletzen würden, müssen abzu-

---

[1]) Wir geben hier die klare Fassung von F. A. Lange wieder (Gesch. d. Mat. II, S. 202): „Gegenwärtig wissen wir, dass keine Elasticität denkbar ist ohne Verschiebung der relativen Lage der Theilchen des elastischen Körpers. Daraus folgt aber unweigerlich, dass jeder elastische Körper nicht nur veränderlich ist, sondern auch aus discreten Theilchen besteht. Man könnte letzteres höchstens mit den gleichen Gründen bestreiten, mit denen man die Atomistik überhaupt bestreitet.

wenden sein. Wir bemerken zunächst noch einmal: Unsere Atome besitzen dem Begriffe nach keine verschiebbaren Theile. Wie finden wir uns nun mit der Elasticität ab?

Was wir auf Seite 46 nur andeuten konnten, bedarf hier einer näheren Betrachtung.

Dass es aus der vorliegenden Schwierigkeit einen Ausweg geben müsse, so dass die Atome, trotz der Unverschiebbarkeit ihrer Theile, doch die Erscheinungen des sogenannten elastischen Stosses zeigen, davon waren wir von dem Augenblicke an überzeugt, als wir die Gewissheit erlangt hatten, dass die starren Atome eine nothwendige Folge der Art unserer Weltauffassung sind, ein nothwendiges Erzeugniss des Subjects. Denn aus einem solchen, durch nothwendige Erfahrung erzeugten Begriffe muss die Welt zu erklären sein, da sie ja nur unter Gesetzen erscheinen kann, welche auch das subjective Erkennen bedingen.

Wir stellen nun folgende Ueberlegung an.

Was wird geschehen müssen, wenn zwei undurchdringliche, starre Atome zusammenstossen, falls für dieselben nur jene oben entwickelten Sätze gelten? Welche Vorstellung einer Bewegung müssen wir bilden, wenn unser Denken jene Begriffe sich einander treffender Atome zusammenbringt? Wenn zwei Massen, die aus einzelnen Atomen bestehen, zusammenstossen, so kann ihre Bewegung oder ein Theil derselben an die Atome übergehen. Diese werden in Bewegung gerathen und die Massenbewegung wird ganz oder zum Theil in der Energie der Atombewegung enthalten sein. Soll ein solcher Verlust nicht stattfinden, so ist man gezwungen, den Begriff der Elasticität zu bilden, wie er für Körper, deren Theile elastisch verschiebbar

---

Genau dieselben Gründe, welche von Anfang an dazu geführt haben, die Körper in Atome aufzulösen, müssen auch bewirken, dass die Atome, wenn sie elastisch sind, selbst wieder aus discreten Theilchen, also aus Unteratomen bestehen. Und diese Unteratome? Entweder lösen sie sich in blosse Kraftcentren auf, oder, wenn bei ihnen abermals der elastische Stoss irgend eine Rolle spielen sollte" [das wäre unser Fall!], „so müssen sie abermals aus Unteratomen bestehen und wir hätten wieder jenen ins Unendliche verlaufenden Process, bei dem sich der Verstand so wenig beruhigen kann, als er ihm auszuweichen vermag."

sind, unangefochten besteht. Die Atome gehen dann in ihre ursprüngliche Lage zurück und die gesammte Energie des Systems bleibt in der Massenbewegung enthalten. Ganz falsch aber wäre es, diesen Begriff der Elasticität auf Atome zu übertragen, welche verschiebbare Theile gar nicht besitzen. Man hat es gethan um zu erklären, dass ein Verlust an lebendiger Kraft nicht eintrete. Man konnte sich nicht denken, wie die Bewegung der Atome erhalten werden könne, wenn sie nicht elastisch sind. Nun ist es aber klar, dass ein solcher Verlust bei Körpern eben nur dadurch hervorgerufen wurde, dass Energie der Massenbewegung umgesetzt wurde in Energie der Molecularbewegung, z. B. in Wärme. Bei den Atomen kann das ja aber niemals stattfinden; hier giebt es keine Theile, welche für sich bewegt dem ganzen System Energie zu entziehen vermöchten. Die Energie muss also aus diesem Grunde im ganzen System erhalten bleiben, ohne dass man über die Natur der Atome eine neue Hypothese zu machen braucht. Die Hineintragung des Begriffs der Elasticität ist eine willkürliche und überflüssige, welche aus der Verwechselung des Atombegriffs mit dem gerade dadurch zu erklärenden Körperbegriffe herstammt.

Diese Erwägung schien uns auszureichen, um den Einwand der Existenz elastischer Atome zurückweisen zu dürfen.

Zu unserer grossen Freude und Genugthuung ist diese Ansicht von zwei Seiten bestätigt worden.

Auf der „47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte" zu Breslau trug O. E. Meyer über die Grundlagen der kinetischen Atomistik vor und wies nach[1], dass die Gleichungen für die Bewegungen der Atome, wie sie die kinetische Gastheorie verlangt, herzuleiten sind ohne andere Annahmen als die folgenden:

1) Beim Zusammenstosse zweier Gasmolekel geht keine lebendige Kraft verloren.

---

[1]) Tageblatt der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, Breslau, 1874. S. 173.

2) Die Bewegung des gemeinschaftlichen Schwerpunktes wird durch den Stoss nicht verändert.

Dazu kommt neuerdings eine kleine aber wichtige Arbeit von Gustav Lübeck[1]), in welcher der Verfasser, an die oben citirte Bemerkung von F. A. Lange anknüpfend, zeigt, dass beim Stosse von starren Atomen eine Bewegung eintreten muss, wie sie bei Annahme eines elastischen Stosses erfolgt, wenn man nur folgende beide Sätze voraussetzt:

1) Eine Bewegung kann nur aufgehoben werden durch eine gleich grosse ihr entgegengesetzte.

2) Das Princip von der Erhaltung der lebendigen Kraft.

Wenn sich diese Voraussetzungen vom kritischen Standpunkte aus als nothwendige Folgerungen aus der Art, wie Erfahrung zu Stande kommt, ergeben, dann ist auch der letzte Einwand zerstört und die kinetische Atomistik als unvermeidliche Grundlage unseres Naturerkennens bestätigt.

Nun sind aber die Lübeck'schen Voraussetzungen schon wörtlich von uns als kritisch sich nothwendig ergebende und übrigens allgemein anerkannte Principien der Mechanik nachgewiesen worden. Es lässt sich aber auch leicht erkennen, dass die von O. E. Meyer zu Grunde gelegten Principien [2]) auf dieselben Sätze herauskommen. Der erste Satz von Lübeck zerfällt nämlich (wie er auch selbst anführt) bei der Anwendung auf die Bewegung zweier Atome in die beiden Theile:

1) In jedem Augenblick kann von einem Atom auf das andere nur eine Bewegung übergehen, welche die Richtung ihrer Verbindungslinie hat;

2) die Summen der gleichgerichteten Componenten der Bewegungsgrössen bleiben constant.

---

[1]) (Schlömilch's) Zeitschrift für Mathematik u. Physik. 22. Jahrg. S. 126. (1877.)

[2]) Mit vorzüglicher Klarheit sind die Grundlagen der kinetischen Atomistik von O. E. Meyer behandelt in dem während des Druckes erschienenen ausgezeichneten Werke „Die kinetische Theorie der Gase. In elementarer Darstellung mit mathematischen Zusätzen. Breslau 1877." Die hier in Betracht kommenden Stellen finden sich S. 38, S. 260 und insbesondere S. 239 und 240.

Dieser letztere Satz trifft nun mit dem Princip von der Erhaltung des Schwerpunktes völlig überein. Beide lassen sich aus dem Gesetz der Trägheit, resp. dem Princip der Gleichheit und entgegengesetzten Richtung von Wirkung und Gegenwirkung ableiten, wie schon Newton [1]) es dargelegt hat. Das Princip von der Erhaltung des Schwerpunktes führt nur noch eine neue, rein mathematische Definition ein, nämlich die des Massenmittelpunktes (Schwerpunktes), welche für unsere Betrachtungsart überflüssig ist.

Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, dass auf Grundlage der durch den Kriticismus sich ergebenden Principien die Bewegung der Atome mathematisch als diejenige sich deduciren lässt, welche die kinetische Theorie der Gase und eine Naturerklärung aus kinetisch-atomistischen Grundsätzen überhaupt verlangt [2]).

Trotzdem bleibt zunächst das Paradoxon bestehen, dass die unelastischen Atome sich gerade so bewegen sollen, wie elastische Körper. Es erscheint dies immerhin wie ein Widerspruch gegen unsere Anschauung, welcher der erläuternden Aufhellung bedarf.

Der Unterschied zwischen den Gesetzen des unelastischen und des elastischen Stosses besteht darin, dass man beim ersteren das Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft nicht als geltend annimmt und eine dauernde Formveränderung der Körper nach dem Stosse voraussetzt, welche beim absolut unelastischen Stosse die Gleichheit der Geschwindigkeit für die einander treffenden Körper zur Folge hat. Hieraus ergiebt sich

---

[1]) Philos. nat. principia mathematica. Coroll. III. u. IV. zu den Leges motus.

[2]) Ein Unterschied der angeführten Arbeiten besteht in Folgendem: Bei O. E. Meyer handelt es sich um eine Herleitung der kinetischen Gastheorie, also um Molekel, nicht um wirkliche Atome, während sich Lübeck direct auf die starren Atome bezieht. Das principiell Wichtige ist aber in beiden Fällen der Nachweis, dass man auf die letzten Atome zurückgehen kann, falls es nöthig erscheint, ohne ihre Theile verschiebbar anzunehmen, um doch dieselben factischen Bewegungsgesetze zu erhalten.

ein Verlust an lebendiger Kraft der Massenbewegung nach dem Stosse (ausgedrückt durch den Carnot'schen Satz). Dieser hat aber seinen Grund nur in der eingetretenen Formveränderung der Körper, also in der Verschiebbarkeit ihrer Theile. Folglich setzt sowohl der elastische als der unelastische Stoss eine Verschiebbarkeit der Theile voraus, und von diesem Gesichtspunkte aus hätte man also eben so wenig Recht den Stoss der Atome als einen unelastischen wie als einen elastischen zu betrachten.

Dürfte also vielleicht überhaupt keine Mittheilung der Bewegung durch den Stoss von Atomen erfolgen, weil dieselben keine verschiebbaren Theile besitzen? Das wird Niemand behaupten wollen. Dass Körper bei ihrem Zusammentreffen einen Druck, d. h. einen Stoss auf einander ausüben, ob nun ihre Theile verschiebbar sind oder nicht, das ist eine durch die Art und Weise, wie wir den Begriff bewegter undurchdringlicher Körper bilden, zu tief begründete Einsicht, als dass man je daran zweifeln könnte. Freilich würde es vergeblich sein aus der Natur der Körper die Folgen ihres Zusammenstosses herleiten zu wollen. Denn diese sind gar nicht bedingt durch die Natur der Körper, sondern durch die Natur der Bewegung, d. h. durch jene Empfindungsthatsache, jenes K, was uns das empirisch Reale der Bewegung ist und wodurch überhaupt erst das Bewusstsein von einer bewegten Körperwelt in uns entsteht. Die hieraus sich ergebenden allgemeinen Principien der Bewegung müssen nothwendig bestehen bleiben. Aus diesen aber folgt für die Atome eine solche Bewegung, wie wir sie an sogenannten elastischen Körpern wahrnehmen. Daher stammt unsere Neigung, die Atome als elastisch anzusehen, weil wir Körper elastisch nennen, welche dieselben Gesetze des Stosses zeigen. Die Sache verhält sich also so, dass wir aus der Bewegung der Atome auf die Möglichkeit elastischer Körper und nicht umgekehrt aus der Elasticität der Körper auf eine entsprechende Bewegung der Atome zu schliessen haben. Die vorliegende Entwickelung zeigt deutlich, dass es auf die Eigenschaft der Elasticität gar nicht ankommt, sondern nur darauf,

dass ausser dem Stosse selbst keine Arbeit geleistet, dass die Energie der Massenbewegung erhalten wird. Diese ist das prius, und nur um diese Erscheinung bei Körpern zu erklären, welche eine Verschiebung von Theilen zeigen, führen wir den Begriff der Elasticität ein, wohl nach dem Vorgange von Lagrange, welcher den Grund für die Anwendbarkeit des Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft nur darin findet, dass die durch den Stoss erregten Federkräfte, nachdem sie ihren Maximalwerth erreicht haben, wieder abnehmen und gleich Null werden [1]).

Die Analogie der Gesetze des Stosses bei den Atomen und bei den elastischen Körpern liegt also nur darin, dass in beiden Fällen keine Arbeit (ausser der Massenbewegung) geleistet wird, nicht aber darin, dass auch die Atome elastische Körper sind.

Nun könnte man vielleicht noch besorgen, dass an Stelle eines anschaulichen Stosses elastischer Bällchen die Geltung abstracter Principien der Bewegung getreten seien. Aber man betrachte nur, wie es mit der Anschaulichkeit des Stosses elastischer Körper steht!

Der Anprall zweier elastischer Körper, etwa zweier Billardkugeln, giebt für die Anschauung nichts, als — dass beide Kugeln nach dem Stosse wieder auseinandergehen, also dasselbe, was man sich bei zwei einander treffenden Atomen vorzustellen hat [2]). Von einer Bewegung der Theilchen, einer Ge-

---

1) Dühring, a. a. O. S. 258.

2) Hierbei sei auf Folgendes aufmerksam gemacht. Zwei Atome von gleicher Masse müssen bei ihrem Zusammenstosse einfach ihre Geschwindigkeiten austauschen. Nun muss man zwei Atome desselben Stoffes nothwendig als völlig gleich und nur durch ihre Lage und Bewegung in unserem Anschauungsraum verschieden ansehen. Bei ihrem Zusammenstoss tritt aber ein Moment ein, in welchem dieses Unterscheidungszeichen verschwindet und wir haben dann wirklich zwei Leibnitz'sche indiscernibilia. Es ist offenbar ganz gleichgültig, ob wir annehmen, dass die Atome von einander mit vertauschten Geschwindigkeiten abprallen oder (wenn es sonst mit der Anschauung verträglich wäre) durch einander hindurchschwingen. Der Effect ist in beiden Fällen derselbe. Auch die

staltveränderung, einer durch den Stoss erzeugten „Federkraft“ nimmt man nichts wahr. Die Formveränderung muss erst durch ein passendes Experiment bewiesen werden; und die „Federkraft“ — ja, da liegt eben wieder in einem Worte die Quelle aller Irrthümer! Ist denn die Vorstellung dieser Federkraft anschaulich? Wenn man auf die Gestaltveränderung und die Wiederherstellung der ersten Form zurückgeht, hat man es doch immer nur mit der thatsächlichen Bewegung zu thun! Wer zwingt uns denn, hier eine geheimnissvolle Kraft einzuführen? Das ist ja wieder eine fernwirkende, die Atome in ihre „Ruhelage“ zurückziehende Kraft, welche nichts weniger als anschaulich ist, vielmehr alle Anschauung aufhebt! Durch Begriffe wie die „einer elastischen Kraft, welche der Spannung proportional ist“ wird der Stoss der elastischen Körper nie und nimmer anschaulich verständlich; aber wohl liegt der Gedanke nahe, dass der Begriff der Elasticität anschaulich wird durch jene primitivere Vorstellung der einander stossenden starren Atome. Denn jene Principien der Bewegung sind nicht abstracte mathematische Sätze, sondern anschaulich im höchsten Grade, weil sie hergeleitet sind aus der Art, wie physikalische Erfahrung überhaupt und unmittelbar zu Stande kommt. Die Elasticität der Gase ist jetzt anschaulich durch die kinetische Atomtheorie — die Elasticität der festen Körper wird es auch einst werden. Nicht der Stoss der Atome wird erklärt aus

---

mathematische Analyse drückt dies durch die Zweideutigkeit des Vorzeichens der Grösse $p = \pm 1$ (s. Lübeck a. a. O.) aus. Das Principium identitatis indiscernibilium findet hier factisch statt; denn die Anschauung in Raum und Zeit verlässt uns, und andere Merkmale der Unterscheidung der Atome sind nicht da. Nur die Ueberzeugung von ihrer Undurchdringlichkeit giebt uns Veranlassung, die vom Treffpunkte zurückgehenden Atome auf jeder Seite als die von derselben Seite gekommenen anzusehen. In solchen Fällen fühlt man die Gewalt des formalen Zwanges unserer Erkenntnissthätigkeit, welche thatsächlich zu demselben Resultate führt, obgleich sie selbst schon im phänomenalen Gebiete, wie hier, den Vorgang an sich unaufgeklärt lässt. Es scheint mir dies ein physikalisches Analogon zu der relativen Bewegung in der reinen Kinematik.

ihrer Elasticität, sondern die Elasticität der Körper aus dem Stosse ihrer Atome. So wird eine nach der anderen von jenen hypothetischen Eigenschaften der Körper hinweggeräumt durch die unmittelbare Anschaulichkeit der kinetischen Atomistik. Auch der letzte und einzige Widerspruch, welcher gegen dieselbe noch erhoben werden konnte, ist jetzt beseitigt; und gerade aus ihm ist mit Hülfe der Entdeckungen von O. E. Meyer und G. Lübeck ein neuer Gesichtspunkt für eine anschauliche und einheitliche Naturerklärung erwachsen, indem der gänzlich unanschauliche und dunkele Begriff der Elasticität ebenfalls auf die aus unserer eigensten Natur fliessenden kinetisch-atomistischen Grundsätze mit Ausschluss aller unvorstellbaren Kräfte zurückgeführt ist. Die kinetische Atomistik steht nicht mehr da als eine höchst plausible Hypothese der Physik, sondern als die nothwendige und einzig mögliche Grundlage unseres Naturerkennens [1]).

Die Atome können wir der freien Hypothesenbildung der Naturwissenschaft überantworten, was Grösse und Gestalt betrifft. Mag immer fortschreitende Erfahrung neue Hypothesen nöthig machen, der Kern wird unverwüstlich bestehen bleiben und vermöge seiner erkenntnisstheoretischen Begründung immer ein Correctiv physikalischer und mathematischer Bequemlichkeit bleiben. Denn dass in den verschiedenen Entwickelungsphasen der Physik gewisse Gesetze mathematisch einfacher ausgedrückt werden können, als durch die kinetisch-atomistischen Grundbeziehungen, das versteht sich von selbst. Wenn z. B. es Zöllner gelingen sollte, seine elektrodynamische Theorie der Materie widerspruchslos durchzuführen, so wäre damit ein grosser Schritt für eine einheitliche Naturerklärung gethan.

---

[1]) Es ist von Helmholtz der Naturwissenschaft die Aufgabe gestellt worden, nicht nur die Erscheinungen auf unveränderliche Ursachen zurückzuführen, sondern diese Zurückführung zugleich als die einzig mögliche aufzuweisen. Vergl. Preyer, Die Aufgabe der Naturwissenschaft. Jena 1876. S. 11. Wir haben bereits wiederholt darauf hingedeutet, dass wir die kinetische Atomistik auf dem gegenwärtigen Standpunkte der Erfahrung für die nothwendige Begriffsform der Naturwissenschaft halten.

Wirklich erklärt, d. h. auf die Grundlagen unseres phänomenalen Erkennens zurückgeführt, wäre die Natur erst, wenn die anziehenden Kräfte aus dem Stosse der Atome abgeleitet wären. Es ist daher kein Hinderniss für den Fortschritt der Wissenschaft, wenn man sich zur Aushülfe der fernwirkenden Kräfte bedient; vielleicht lässt sich diese Fernwirkung später in einfacher Weise durch den Stoss der Atome ersetzen, und alle dynamischen Theorieen sind dadurch mit einem Schlage in kinetische umgewandelt [1]. Die Atome der Chemie sind sicherlich nicht die letzten, kleinsten Atome, mit denen wir es zu thun haben, und wahrscheinlich ist dem Stosse der Weltätheratome noch eine grosse Rolle vorbehalten.

Anfänge in solcher Beziehung sind ja seit Huyghens [2]) und Lesage [3]) vielfach gemacht, wenn auch wenig beachtet

---

[1]) So wird es z. B. nach unserer Ueberzeugung nicht mehr lange dauern, bis auch die Bewegung der Flüssigkeiten auf kinetisch-atomistische Principien zurückgeführt sein wird, wie es bisher bei den Gasen gelungen ist. Es ist offenbar nur nöthig nachzuweisen, dass die Gleichungen für die Hydrodynamik, Capillaroberflächen etc. dieselben bleiben, wenn man die Bewegung von Atomen in Betracht zieht, deren Durchmesser gegen ihre Entfernungen nicht verschwinden. Es handelt sich hierbei wesentlich um einen Kunstgriff der Analyse, der über kurz oder lang gefunden werden wird. Was sich verändern würde, wäre die Form der Constanten, denn in diese ziehen sich schliesslich immer die Hypothesen zusammen, welche die mathematische Physik über die Molecularkräfte macht. — Auch auf die Constitution der chemischen Verbindungen ein helles Licht zu werfen wird die kinetische Atomistik geeignet, sobald man die Atome der Körper sich in einem Gase (dem Weltäther) denkt, dessen Atome gegen die ersteren sehr klein und rasch bewegt sind. Dagegen müssen wir uns durchaus gegen die Thomson'schen Wirbelatome erklären, welche alle der Vorzüge entbehren, die das starre Atom als Erzeugniss unserer Sinnlichkeit besitzt. Die Anschaulichkeit wird durch die Wirbeltheorie vollständig aufgehoben, und wir können derselben daher nur das Recht zugestehen, der mathematischen Analyse bequeme Handhaben zu bieten oder als eine interimistische Aushilfe zu dienen, niemals aber als selbstständige Theorie der Materie aufzutreten, welche unser Erkenntnissbedürfniss befriedigen könnte. Eine ausführliche Begründung dieser Ansicht, soweit sie nicht schon durch die vorliegende Schrift gegeben ist, muss einer anderen Gelegenheit vorbehalten bleiben.

[2]) Huyghens, De causa gravitatis. In Op. rel. Amstel. 1728. T. I.

[3]) Lesage: Lucrèce Newtonien. Nouv. Mém. de l'Acad. de Berlin 1782. Prévost, Deux traités de phys. mech. Gen. et Par. 1818.

worden. Wir wollen hier nur auf den tüchtigen Versuch von Schramm [1]) aufmerksam machen. Diese kinetische Atomistik durchzubilden, bis vor uns ein vollständiges, durch unsere Organisation bedingtes Bild der in Raum und Stoff sich bewegenden Welt liegt, das ist die grosse Aufgabe der Naturwissenschaft. Nur auf dem Boden des Kriticismus wird sie die Auflösung aller Widersprüche an den Grenzen des Naturerkennens finden; denn hier liegen die Gesetze dieses Naturerkennens in der Menschennatur selbst aufgedeckt.

---

[3]) Die allgemeine Bewegung der Materie. Wien 1872. Anziehungskraft als Wirkung der Bewegung. Graz 1873.

IX.

S c h l u s s.

Da wir nur beabsichtigten, die kinetische Atomistik als eine nothwendige Folge der Erfahrungstheorie des Kriticismus nachzuweisen, so kann es an dieser Stelle unsere Aufgabe nicht sein, auf die metaphysische Bedeutung einer solchen Atomistik des Weiteren einzugehen.

Um eine Erklärung für die unmittelbaren Vorgänge des Bewusstseins zu finden, hat man vorgeschlagen, den Atomen Empfindung zuzuschreiben. Dies wäre ein vortrefflicher Ausweg, wenn Empfindung wirklich das transcendente Ding an sich wäre — womit dann freilich der Kriticismus in Psychismus umschlagen würde. Nun ist aber Empfindung selbst nur Erscheinung, immer mitbedingt durch die Natur unseres psychischen Mechanismus, gewissermaassen die Projection jenes unbekannten *X*, das sich der Intellect als unvermeidlichen [1]) Grenzbegriff erschaffen muss, durch die Form unseres Bewusst-

[1]) Wenn die Versuche, denselben zu eliminiren (vergl. z. B. Caspari, Die Grundprobleme der Erkenntnissthätigkeit etc. Berl. 1876), gelingen sollten, was wir für möglich halten, so würde das Resultat unserer Untersuchung dadurch nicht leiden, wenn auch die Form des Ausdrucks modificirt würde. Vorläufig halten wir den Gebrauch des Grenzbegriffes „Ding an sich“ noch für unentbehrlich.

seins. Da also die Atomwelt wie die Empfindung beide nur Erscheinung sind, so wäre es ganz überflüssig und nutzlos und könnte das Problem nur compliciren, wollte man den Atomen Empfindung zuschreiben und etwa die Verwandlung von potentieller in kinetische Energie als die äussere, durch unsere Sinnlichkeit bedingte Form einer Lustempfindung auffassen. Es ist vielmehr durchaus nothwendig, jenen Vorgang als einen seiner transcendenten Natur nach uns völlig unbekannten anzusehen, der nun von uns unmittelbar unter der Form der Empfindung und mittelbar unter der Form bewegter Atome aufgefasst wird. Eine transcendente Welt können wir nicht entbehren; das Bedürfniss unseres Verstandes sowie die doppelte Sphäre unserer Sinnlichkeit, vermöge deren wir durch Dinge an sich hindurch uns selbst afficiren können, giebt uns darüber volle Gewissheit; damit ist auch der Kriticismus vor allen Vorwürfen, er sei Idealismus oder Psychismus u. s. w., gesichert. Aber er ist auch gesichert vor dem Vorwurf, dass durch ihn willkürliche Grenzen der Erkenntniss gezogen sind; es sind vielmehr nur jene Grenzen, welche durch die Natur des Erkennens nothwendig bedingt sind, welche irgend wo vorhanden sein müssen; es ist, nur auf die ganze Gattung übertragen, eine derjenigen ähnliche Grenze, welche dem Individuum dadurch gezogen ist, dass es nicht die Empfindungen eines anderen Individuums unmittelbar wahrnehmen kann, wie sie im Bewusstsein desselben vor sich gehen, sondern immer nur mittelbar aus den Aeusserungen, welche damit verknüpft sind. Wer, gleich Gorgias von Leontini, auch diese Grenze als ein Hinderniss der Erkenntniss ansieht, dem dürfte nicht zu helfen sein.

Jenes X also erscheint in der Einheit der Empfindung einerseits, andererseits bedingt durch den in dieser Abhandlung dargelegten Process als bewegte Atomwelt; in letzterer Form ist sie der Darstellung durch Zahl und Maass und damit der wissenschaftlichen Behandlung zugänglich. „Wegen des strengen Zusammenhanges, der die Annahme der Materie und ihrer Bewegung in unseren Vorstellungen schafft, verdient sie „objectiv“ genannt zu werden; denn durch sie wird erst die

Mannichfaltigkeit der Objecte zu einem einheitlichen, grossen und umfassenden „Object", das wir als den beharrlichen „Gegenstand" unseres Denkens dem wechselnden Inhalt unseres Ich gegenüberstellen" [1]).

Wäre Empfindung das an sich Existirende, so würde noch die Aufgabe zu lösen sein, aus den mit Empfindung begabten Atomen die Einheit des Bewusstseins herzuleiten; und ob die Lösung dieser Aufgabe der Vernunft nicht wieder einen Kopfsprung zumuthet, das lassen wir dahingestellt. Glücklicher Weise bedürfen wir auf unserem Standpunkte keiner solchen Lösung, weil das Problem für uns überhaupt nicht existirt. Wir kennen nur die Welt der Empfindung, welche uns unmittelbar in der Einheit des Bewusstseins gegeben ist als die Erscheinungsform eines uns gänzlich Unbekannten; diese Welt der Empfindung suchen wir zu ordnen und werden dabei durch die Gesetze, welche eben die Erscheinungsform jenes Unbekannten bedingen, zu der Vorstellung der Atomwelt geführt. Atomwelt und Empfindung sind beide Vorstellung, nur ist die Atomwelt, die nach ganz bestimmten Gesetzen unserer Erkenntnissthätigkeit (als Folge unserer Sinnlichkeit) geordnete Empfindungswelt. Wir sprechen daher nicht von einem unbekannten Dritten, sondern nur von einem Unbekannten, weil Empfindung und Sein gar nicht zwei dem Wesen nach verschiedene Erscheinungsformen sind, sondern gewissermaassen nur zwei verschiedene Ausdrucksweisen für die Mannichfaltigkeit unseres Erfahrungsinhaltes. In der Empfindung haben wir die unmittelbare Einheit, in der Atomwelt haben wir die zu unserer Orientirung auseinandergezogene Vielheit [2]). Nur in der letzteren ist Naturerkenntniss möglich, und

---

[1]) F. A. Lange, Gesch. d. Materialismus. 2. Aufl. II, S. 165.

[2]) Hierdurch dürfte sich vielleicht erklären, was O. Liebmann (a. a. O. S. 496) so unbegreiflich erscheint: dass die Natur sich im menschlichen Gehirn ein „automaton materiale logicum" erzeugt hat. Der physiologische Process ist nur das auf gewissen Umwegen gewonnene Bild des schon als mentaler (logischer) Process Gegebenen und muss ihm somit Punkt für Punkt entsprechen.

diese gipfelt in ihrer höchsten Aufgabe darin, die **erforschten Bewegungen der Atome zu deuten in der Sprache der unmittelbaren Empfindung.**

Die Bewegung eines bestimmten Atoms ist nicht innerlich Empfindung; auch könnte Niemand aus der Atombewegung auf einen bestimmten Empfindungsinhalt schliessen, weil an und für sich beide gar nichts mit einander zu thun haben. Wenn man eine Figur einmal auf eine Kugelfläche, das andere Mal auf eine Ebene projicirt, so wird zwischen den einzelnen Theilen der einen und der anderen Projection Niemand eine Beziehung angeben können, der nicht das Gesetz der Projection kennt; die einzelnen Theile stehen mit einander in Verbindung nur durch das Gesetz der Abbildung; dadurch entspricht jedem Theile der einen Figur ein ganz bestimmter der anderen. Nun kann es der Fall sein, dass das Bild auf der Kugelfläche sich mit einem Blick überschauen lässt und uns als eine Einheit entgegen tritt, dagegen keine Ausmessung und Erforschung im Einzelnen, namentlich keine Beschreibung eines beliebigen bestimmten Theiles zulässt; während jenes Bild auf der Ebene zwar nach allen Theilen ins Unendliche sich erstreckt und keinen einheitlichen Ueberblick gestattet, dafür aber eine Rectification nach Zahl und Maass und eine Beschreibung bis ins kleinste Detail erlaubt. Dann werden wir an dem letzteren unsere Studien machen, und wenn wir Beziehungen zwischen den Theilen des ersteren kennen lernen wollen, werden wir nachsehen, wie wir sie uns an dem letzteren vorstellen. Und kennen wir nun die Punkte in dem Einen, welche ganz bestimmten Punkten in dem anderen entsprechen, so werden wir auch von dem einen auf das andere schliessen können.

Das ist ein Gleichniss, welches hinkt, wie alle Gleichnisse. Doch kann es in gewissem Grade zur Verdeutlichung der Beziehung dienen, wie wir sie uns zwischen der Welt der Empfindung und der der Atome denken. Die erstere ist Eins, unmittelbar ergriffen, aber unbeschreibbar; die letztere ist zersplittert, auf Umwegen erdacht, aber mathematisch darstellbar. Unter einander haben sie keine Aehnlichkeit, keinen Zu-

sammenhang; und doch sind sie verknüpft durch unsere Erfahrung. Erfahrungsmässig können wir die Zusammengehörigkeit der einzelnen Stellen deuten; wir können angeben, welche bestimmte Bewegung einer bestimmten Empfindung entspricht. Und so geben wir denn die Hoffnung nicht auf, dass es einst gelingen werde, gleichsam ein Wörterbuch der geheimnissvollen Sprache zwischen Sein und Denken zu entwerfen, welches auf der einen Seite die erfahrene Empfindung, auf der anderen die berechnete Bewegung enthält. Dann erst ist die Weltformel des Laplace gefunden, denn dann erst kann der Mechanismus der Atome nach seiner Bedeutung für unser Bewusstsein erkannt werden. Und wenn auch die dunkele Grenze des Transcendenten bestehen bleibt, so ist sie doch umgangen; Alles, was Menschenwitz überhaupt interessiren kann, ist in einen grossen Zusammenhang gebracht. Naturwissenschaft und Philosophie, wenn sie noch getrennt bestehen, mögen dann aufs Neue ihre Gebiete abgrenzen.


Stanford University Libraries
3 6105 010 393 317

